



UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
FACULDADE DE MOTRICIDADE HUMANA



*Dispêndio Energético de um Treino Concorrente em Jovens
Raparigas Adolescentes*

Dissertação elaborada com vista à obtenção do Grau de Mestre na
Especialidade de Exercício e Saúde

Orientador: Professor Doutor Pedro Victor Mil-Homens Ferreira Santos

Júri:

Presidente

Professor Doutor Pedro Victor Mil-Homens Ferreira Santos

Vogais

Professor Doutor Ronei Silveira Pinto

Professora Doutora Maria Helena Santa Clara Pombo Rodrigues

Bruno Filipe Vieira Menino

2013

Nome: Bruno Filipe Vieira Menino

Mestrado: Exercício e Saúde

Orientador: Pedro Mil-Homens

Data: 10 Julho 2013

Título: Dispersão Energética de um Treino Concorrente em jovens raparigas adolescentes

Resumo: Dispersão Energética de um Treino Concorrente em jovens raparigas adolescentes. O objetivo deste estudo foi o de aceder à intensidade e custo energético de um protocolo de treino concorrente, e comparar os valores obtidos com os recentemente descritos como promotores de benefícios para a saúde, através das atividades físicas de resistência. Dez raparigas adolescentes (14 ± 0.53 anos), realizaram 2 passagens por um treino em circuito, constituído por 10 e 15 minutos na passeadeira (75% FC máx.), na primeira e segunda passagens, respetivamente, seguidos de 8 exercícios de Treino de Força Muscular (TFM), conectadas a um analisador de gases portátil (CosMed K4b²). A intensidade da sessão (equivalente metabólico [METs]) foi de 5.38 ± 0.54 . O custo energético (kcal) da sessão foi de 221 ± 21.56 . Concluímos que um protocolo concorrente (aeróbio – força) pode ser uma alternativa fiável para atingir uma intensidade moderada (3 – 5,9 METs) e uma quantidade moderada (150 – 200 kcal/dia) de atividade física para jovens raparigas adolescentes.

Palavras Chave: dispersão energética, treino concorrente, atividade física, adolescentes.

Nome: Bruno Filipe Vieira Menino

Mestrado: Exercício e Saúde

Orientador: Pedro Mil-Homens

Data: 10 Julho 2013

Title: Energy Expenditure of a Concurrent Training in young adolescent girls.

Abstract: Energy Expenditure of a Concurrent Training in young adolescent girls. The purpose of this study was to assess the intensity and energy cost of a concurrent training protocol and to compare obtained values to those recently reported as eliciting health benefits via endurance-based physical activity. Ten adolescents girls (14 ± 0.53 years), performed two passages by a circuit training, composed with 10 and 15 minutes in a treadmill (75% maxHR), in first and second passage, respectively, fallowed by 8 exercises of resistance training (RT), connected to a portable metabolic unit (CosMed K4b²). The intensity of the session (metabolic equivalents [METs]) was 5.38 ± 0.54 . Energy cost (kcal) was 221 ± 21.56 . We conclude that a concurrent protocol (aerobic – strength) may be a feasible alternative for achieving moderate intensity (3 – 5,9 METs) and moderate amount (150 – 200 kcal/day) of physical activity for young adolescent girls.

Key Words: energy expenditure, concurrent training, physical activity, adolescent.

ÍNDICE GERAL

CAPITULO I – APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA	8
1. INTRODUÇÃO	8
2. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	11
3. HIPÓTESES	12
4. ÂMBITO DO ESTUDO	12
5. PRESSUPOSTOS	12
6. LIMITAÇÕES	13
7. SIGNIFICADO DO ESTUDO	13
8. DEFINIÇÕES OPERACIONAIS	15
CAPITULO II – REVISÃO DA LITERATURA.....	17
1. ADAPTAÇÕES DO TREINO DE FORÇA E DO TREINO AERÓBIO	17
1.1 ADAPTAÇÕES DECORRENTES DO TREINO DE FORÇA MUSCULAR	17
1.2 ADAPTAÇÕES DECORRENTES DO TREINO AERÓBIO	21
1.2.1 Adaptações Cardiovasculares	22
1.2.2 Adaptações respiratórias ao treino.....	24
1.2.3 Adaptações Metabólicas	25
1. TREINO CONCORRENTE.....	27
1.3.1 Adaptações decorrentes do treino concorrente	27
2. DISPÊNDIO ENERGÉTICO	35
2.1 TREINO DA FORÇA MUSCULAR	36
2.2 TREINO DA FORÇA EM CIRCUITO	43
2.3 TREINO AERÓBIO	44
2.4 TREINO CONCORRENTE	45
3. TAXA METABÓLICA DE REPOUSO E O EXERCÍCIO	46
4. O EXERCÍCIO E O <i>EXCESS POST-EXERCISE OXYGEN CONSUMPTION</i>	51
5. O EXERCÍCIO FÍSICO E A OXIDAÇÃO DE SUBSTRATO ENERGÉTICO DURANTE O EPOC.....	57
6. O TREINO EM JOVENS.....	60
6.1 TREINO DA FORÇA MUSCULAR	60
6.2 TREINO AERÓBIO (RESISTÊNCIA)	67
7. RECOMENDAÇÕES PARA A ATIVIDADE FÍSICA NOS JOVENS	70
CAPITULO III – METODOLOGIA	73
1. INTRODUÇÃO	73
2. CONCEÇÃO EXPERIMENTAL DO ESTUDO	73
3. SELEÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA	75
4. DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA SESSÃO DE TREINO	76
4.1 COMPONENTE AERÓBIA	77
4.2 COMPONENTE DA FORÇA (TFM EM CIRCUITO).....	77

5. PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO, RECOLHA DE DADOS E EQUIPAMENTO.....	77
5.1 AVALIAÇÃO DO ESTADO MATORACIONAL	78
5.2 AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL	78
5.3 AVALIAÇÃO METABÓLICA E CARDIO-RESPIRATÓRIA	79
I – Teste de Avaliação da Taxa Metabólica de Repouso	79
II – Teste de Esforço Máximo (VO ₂ máx).....	80
III – Dispendio Energético (Sessão de Treino)	81
IV – Determinação do EPOC	82
5.4 DETERMINAÇÃO DAS CARGAS DE TREINO	82
I – Determinação de 1 RM	82
II – Determinação de 20 RM	83
6. PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE	84
6.1 TESTE DE AVALIAÇÃO DA TMR.....	84
6.2 TESTE DE ESFORÇO MÁXIMO (VO ₂ MÁX).....	84
6.3 DISPÊNDIO ENERGÉTICO LÍQUIDO (SESSÃO DE TREINO).....	84
6.4 DETERMINAÇÃO DO EPOC	85
7. VARIÁVEIS EM ESTUDO	85
8. INSTRUMENTOS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	86
9. ANÁLISE ESTATÍSTICA	87
CAPITULO IV – APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	88
1. INTRODUÇÃO	88
2. ANÁLISE DAS VARIÁVEIS DURANTE O METABOLISMO DE REPOUSO	89
3. ANÁLISE DAS VARIÁVEIS DURANTE A SESSÃO DE TREINO CONCORRENTE.....	90
I – Consumo de Oxigénio	91
II – Equivalente Metabólico	92
III – Dispendio Energético Líquido	94
IV – Quociente Respiratório.....	96
V – Frequência Cardíaca.....	98
CAPITULO V – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	100
1. INTRODUÇÃO	100
2. RESPOSTAS METABÓLICAS DURANTE A SESSÃO DE TREINO	100
3. RESPOSTAS METABÓLICAS DURANTE O PERÍODO DE RECUPERAÇÃO	105
CAPITULO VI – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	106
1. CONCLUSÕES.....	106
2. RECOMENDAÇÕES.....	108
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	110

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 -	Comparação de estudos que analisaram as alterações no metabolismo durante uma sessão de EA, de TFM ou concorrente.....	41
Tabela 2 -	Valores médios e desvios padrão das variáveis Idade, Estatura, Massa Corporal, Índice Massa Corporal (IMC), Percentagem de Massa Gorda Total, e Massa Isenta de Gordura (MIG) dos sujeitos da amostra (N).....	76
Tabela 3 -	Valores médios e desvios padrão do consumo máximo de oxigénio em termos absolutos ($\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}$), relativos ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$), relativo em função da MIG ($\text{ml} \cdot \text{kg}_{\text{MIG}}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$), e frequência cardíaca máxima ($\text{bat} \cdot \text{min}^{-1}$),.....	81
Tabela 4 –	Valores médios e desvio padrão, das variáveis de repouso nos sujeitos da amostra.....	89
Tabela 5 –	Valores médios e desvio padrão das variáveis consumo de oxigénio, absoluto, relativo e face à quantidade de Massa Isenta de Gordura, Quociente Respiratório, Frequência Cardíaca, Dispendio Energético Líquido Total ($\text{kcal} \cdot \text{min}^{-1}$ e $\text{Kj} \cdot \text{min}^{-1}$), e Dispendio Energético Total durante a aplicação do protocolo concorrente.....	90
Tabela 6 –	Comparação entre os valores recomendados e o presente estudo.....	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 –	Desenho Experimental do Estudo	74
Figura 2 –	Avaliação da Composição Corporal através da DXA	78
Figura 3 –	Avaliação da Taxa Metabólica de Repouso (TMR).....	80
Figura 4 –	Avaliação da componente cardio-respiratória ($\text{VO}_2\text{máx.}$).....	80
Figura 5 –	Registo do DE através do analisador de gases portátil CosMed K4b ²	82
Figura 6 –	Valores médios e desvio padrão do consumo de oxigênio ($\text{VO}_2 \text{ ml.min}^{-1}$) em condições de repouso (TMR) e durante as fases da sessão de treino concorrente e período de recuperação subsequente: primeiro período de treino aeróbio (AER1), primeiro período de treino de força (TF1), segundo período de treino aeróbio (AER2) e segundo período de treino de força 2 (TF2), além dos três períodos de recuperação de 5 minutos (EPOC 1, EPOC 2, EPOC 3).....	91
Figura 7 –	Valores médios, e desvio padrão, do Equivalente Metabólico (MET) em condições de repouso, e durante as fases da sessão de treino concorrente primeiro período de treino aeróbio (AER1), primeiro período de treino de força (TF1), segundo período de treino aeróbio (AER2) e segundo período de treino de força 2 (TF2).....	92
Figura 8 –	Valores médios, e desvio padrão, do dispêndio energético líquido (kcal.min^{-1}) em condições de repouso e durante as fases da sessão de treino concorrente e período de recuperação subsequente: primeiro período de treino aeróbio (AER1), primeiro período de treino de força (TF1), segundo período de treino aeróbio (AER2) e segundo período de treino de força 2 (TF2), além dos três períodos de recuperação de 5 minutos (EPOC 1, EPOC 2, EPOC 3).....	94

-
- Figura 9 – Valores médios, e desvio padrão, do quociente respiratório (Q.R.) , em condições de repouso e durante as fases da sessão de treino concorrente e período de recuperação subsequente: primeiro período de treino aeróbio (AER1), primeiro período de treino de força (TF1), segundo período de treino aeróbio (AER2) e segundo período de treino de força 2 (TF2), além dos três períodos de recuperação de 5 minutos (EPOC 1, EPOC 2, EPOC 3).96
- Figura 10 – Valores médios, e desvio padrão, da frequência cardíaca (F.C.), em condições de repouso e durante as fases da sessão de treino concorrente e período de recuperação subsequente: primeiro período de treino aeróbio (AER1), primeiro período de treino de força (TF1), segundo período de treino aeróbio (AER2) e segundo período de treino de força 2 (TF2), além dos três períodos de recuperação de 5 minutos (EPOC 1, EPOC 2, EPOC 3.....98

Capítulo I – Apresentação do Problema

1. Introdução

Atualmente, os níveis crescentes de inatividade e obesidade originam grandes problemas de saúde na sociedade ocidental. Estas fontes preveníveis de morbilidade e mortalidade requerem estratégias direcionadas para aumentar o nível de dispêndio energético (DE). Segundo Colditz (1999), benefícios substanciais irão ocorrer, através da redução nos custos dos cuidados de saúde mas, também, através de uma redução no custo indireto, assim como nos ganhos na qualidade de vida.

A obesidade é um dos problemas de saúde mais comuns, e a sua prevalência tem vindo a aumentar em todo o mundo em pessoas de todas as idades. A obesidade durante a infância, e adolescência, é uma importante determinante se um individuo se irá tornar obeso em adulto, sendo que, o risco de persistência é maior na adolescência do que na infância. Numa perspetiva de saúde a obesidade tem sido associada a um aumento do risco para a hipertensão, doença arterial coronária, e resistência à insulina, assim como a diversos problemas sociais e psicológicos.

Muitas autoridades concordam que a predisposição genética, a inatividade física, e as escolhas alimentares pobres têm um contributo primário para o problema da obesidade nas crianças. O problema da obesidade é multifatorial e pensa-se que seja uma convergência de fatores que favorecem um desequilíbrio entre a energia consumida e despendida. (Mota e col., 2006).

Estudos na área da obesidade destacam como evidências o facto dos indivíduos com excesso de peso e obesos, que são fisicamente ativos, possuírem taxas mais baixas de doença e morte face aos individuos com excesso de peso e obesos que não o eram. Igualmente, os indivíduos obesos e com excesso de peso, que são fisicamente ativos, possuem menos probabilidades de desenvolver doenças crónicas relacionadas com a obesidade e morte

prematura, do que as pessoas com peso normal que levam vidas sedentárias. Uma última evidência observada indicia que, a inatividade e a baixa aptidão cardio-respiratória dos indivíduos são tão importantes como a obesidade e o excesso de peso, como preditores de mortalidade, pelo menos no que respeita aos homens (Blair e Brodney, 1999).

O DE diário de um indivíduo resulta da soma de 3 componentes: a taxa metabólica de repouso (TMR), o efeito térmico dos alimentos e, o efeito térmico da atividade física (Poehlman, 1989; Barata, 1997). A TMR corresponde à maior porção do gasto de energia diário, com valores que oscilam entre os 60 e os 70%, o efeito térmico dos alimentos a corresponder a cerca de 10%, e o efeito térmico da atividade física, com valores entre os 15% e os 30%. (Poehlman, 1989).

O efeito térmico da atividade física é influenciado, em termos gerais, por toda a atividade muscular, incluindo o exercício propositado e programado (Poehlman, 1989). Por outro lado, a massa muscular contribui com cerca de 22% para a TMR. Consequentemente, qualquer ganho ou perda de massa isenta de gordura (MIG) pode potencialmente alterar a TMR de um indivíduo (Alexander, 2002). Do ponto de vista energético, a TMR e o DE da atividade física contribuem para cerca de 90% do DE total logo, qualquer intervenção que consiga aumentar estes dois componentes poderá ser útil em restaurar o balanço energético e prevenir o aumento da adiposidade, em especial nos idosos. A prática de atividade física presta um contributo importante para o DE total. Sendo a atividade física a componente mais variável, ela pode, num sujeito que pratica regularmente exercício, aumentar até aos 30% do DE diário, e contribuir, também, para um aumento da TMR resultante de alterações na composição corporal, nomeadamente da MIG, dependendo da intensidade e duração da sessão de treino (Poehlman, 1989).

Apesar dos benefícios protetivos em termos de saúde, a maioria dos indivíduos de todas as idades não são fisicamente ativos. Entre crianças e adolescentes, com idades entre os 6 e os 17 anos, menos de metade praticam exercício a um nível considerado suficientemente vigoroso para alcançar benefícios para a

saúde e condição física. No que respeita a atividades com cargas adicionais (ex: flexões de braços, treino com cargas), aproximadamente metade dos rapazes e 2 terços das raparigas entre os 12 e os 21 anos não participam regularmente nesse tipo de atividades (Hass e col., 2001).

A atividade física confere uma proteção significativa face às doenças crónicas, tais como, as doenças cardiovasculares e a diabetes não insulino-dependente, e também parece reduzir os riscos de osteoporose e alguns cânceres (Sallis e Patrick, 1994). Estudos demonstram que um aumento da atividade física e a participação num programa de exercício incorporando atividades de resistência aeróbia, treino com cargas, e exercícios de flexibilidade, reduz o risco de diversas doenças crónicas (doença arterial coronária, obesidade, diabetes, osteoporose, dores lombares) (ACSM, 2009).

Na população feminina a importância da atividade física assume uma importância acrescida na medida em que, resultados de estudos suportam a mobilização de esforços, a nível programático, com o objetivo de encorajar as raparigas a participar em atividades físicas diárias de suporte de pesos desde cedo na vida, de forma a promover a saúde óssea, reduzindo potencialmente o incidente de fraturas na anca, prolongando a mobilidade funcional até mais tarde na vida adulta. (Ondrak e Morgan, 2006).

Para além disso a prática de uma atividade física regular é considerada como um meio facilitador de controlo do peso corporal por facilitar a relação entre o DE diário e o aporte energético diário, favorecendo um estado de balanço energético (Poehlman e col., 2002).

Sabendo que, tanto o Exercício Aeróbio (EA) como o Treino de Força Muscular (TFM), são formas muito populares de exercício, elas são muitas vezes sugeridas para melhoria da condição física e controlo do peso. Segundo Thornton e Potteiger (2002) o EA tem sido a principal atividade recomendada para as mulheres mas, recentemente, o treino com cargas, ou TFM, tem se tornado popular e reconhecido como uma parte de um programa de treino bem estruturado. Atualmente, e devido à crescente popularidade do treino com

cargas, o trabalho com cargas de intensidade baixa a moderada tem sido regularmente prescrito a mulheres. Devido à atual inclusão do EA e do TFM nas sessões de treino prescritos para a população feminina, é pretensão deste estudo saber qual o impacto qualitativo e quantitativo, ao nível do DE, de um treino concorrente (EA e TFM) junto da população adolescente, tendo em consideração os benefícios para a saúde, tanto agudos como ao longo da vida, que foram descritos para as duas formas de exercício.

Perante o que foi referido anteriormente será exposto de seguida qual o propósito deste estudo.

2. Definição do Problema

O objetivo deste estudo foi o de avaliar o dispêndio energético e o impacto metabólico resultante de um protocolo de treino constituído por uma componente aeróbia e uma outra com exercícios de força muscular, realizados de forma concorrente, com raparigas adolescentes.

Mais especificamente, a determinação do custo energético do treino concorrente (EA e TFM) foi efetuada, e analisada, com o intuito de procurar saber se esta forma de treino será um método adequado para alcançar os valores definidos, para a população adulta, pelo Colégio Americano de Medicina Desportiva (ACSM, 2009) e pelo relatório do *Surgeon General* (USDHHS, 1996), no que respeita a uma quantidade e intensidade moderada de exercício para promoção da saúde, ou seja, que promova um gasto calórico de, aproximadamente, 150-200 kcal/dia e possua uma intensidade entre 3 a 5,9 MET, respetivamente, em jovens raparigas adolescentes.

3. Hipóteses

Face aos objetivos definidos, as hipóteses nulas que pretendemos testar nesta investigação foram:

H1: A sessão de treino concorrente não permitiu atingir uma intensidade moderada (3 a 5,9 MET) de atividade física.

H2: A sessão de treino concorrente não originou, como atividade física, um dispêndio energético de quantidade moderada (aproximadamente 150-200 kcal/dia).

4. Âmbito do Estudo

Este estudo foi de natureza semi-experimental controlado, realizado no âmbito do treino da força muscular e do treino aeróbio, em jovens raparigas adolescentes saudáveis.

Para a realização deste estudo foi constituída uma amostra de raparigas com idades compreendidas entre os 14 e os 15 anos de idade, alunas do 3º Ciclo do Ensino Básico, 9º ano de escolaridade, da Escola Básica 2, 3 Vieira da Silva em Carnaxide.

5. Pressupostos

Em conformidade com os objetivos que foram definidos para esta investigação foram estabelecidos os seguintes pressupostos:

Todos os elementos da amostra tinham de ser saudáveis e de se encontrar no mesmo patamar de maturação ao nível do desenvolvimento mamário, quantidade de pêlos púbicos, e aparecimento da menarca.

Durante o período em que decorreram as avaliações, e a aplicação do protocolo de treino, a única atividade física praticada pelos elementos da amostra foi a proporcionada nas aulas de Educação Física.

Permaneciam em jejum por um período de 8 horas prévias à sessão de treino e durante a mesma, podendo ingerir água.

Outros pressupostos assumidos desde o início foram que nenhuma das jovens fumava ou ingeria bebidas alcoólicas.

6. Limitações

Nem todas as sessões de avaliação, ou de aplicação da sessão de treino, foram realizadas à mesma hora. O horário foi condicionado pelo horário escolar e disponibilidade das participantes e, também, pela disponibilidade da sala de exercício e dos equipamentos necessários à realização das avaliações.

A avaliação do *Excess Post-exercise Oxygen Consumption* (EPOC) foi feita apenas durante um curto período de tempo (15 minutos), não refletindo o real impacto da carga externa aplicada durante a sessão de treino. Os valores obtidos apenas refletem o grau de recuperação obtido nesse período de tempo face aos valores de repouso.

7. Significado do Estudo

Esta investigação assume relevância pois existem, e são cada vez mais utilizados em ginásios e *health clubs*, programas de treino que englobam o treino de força em circuito associado a uma componente aeróbia com vista à obtenção de resultados ao nível da melhoria da condição física geral e da perda de peso, através do incremento do DE. Grande parte das investigações situam-se ao nível do DE durante o TFM ou, durante o EA, pelo que, esta investigação procurará saber qual o impacto energético resultante da conjugação destes dois tipos de

treino. A utilização de uma amostra exclusivamente de adolescentes do sexo feminino justifica-se pela falta de informação que existe ao nível do DE neste tipo de população e, também, pela importância que este tipo de treino poderá ter no DE e na saúde cardiovascular e músculo-esquelética da população em geral, e dos jovens em particular. Tendo em consideração a realidade portuguesa a importância de escolher jovens do sexo feminino prende-se com o facto das jovens adolescentes apresentarem maiores índices de redução da atividade física nestas idades (Teixeira e Seabra e col., 2008).

Numa altura em que muitos dos jovens em idade escolar, passam muito do seu tempo sentados em aula ou em frente ao computador, e têm como única prática física organizada as aulas de Educação Física (Matos e col., 2002), a inclusão do exercício aeróbio e de força, nessas aulas, como forma de aumentar a intensidade das mesmas e também de incrementar o dispêndio energético diário de forma a prevenir a obesidade é algo que se deve ter em consideração.

O treino concorrente, por incluir uma componente aeróbia e de força, pretende associar os benefícios da componente aeróbia, nomeadamente ao nível do dispêndio energético e da melhoria da componente cardio respiratória, e do treino de força, com o aumento da massa isenta de gordura e melhoria da função neuromuscular.

Outro fator de interesse foi o de analisar qual a intensidade relativa, face ao consumo máximo de oxigénio ($VO_{2máx}$), deste tipo de treino de características mistas.

Perante tais constatações justifica-se a pertinência desta investigação nos moldes estabelecidos.

8. Definições Operacionais

Atividade Física – Qualquer movimento corporal produzido pelos músculos esqueléticos e que resulta em dispêndio de energia (ACSM, 2009).

Dispêndio Energético – Processo de consumo de energia, que ocorre no organismo e resulta na liberação de calor (McArdle e col., 1992).

Caloria – Medida usada para expressar o calor ou valor energético do alimento e da atividade física. Quantidade de calor necessário para elevar a temperatura de 1kg (1 litro) de água em 1°C, de 14.5 para 15.5°C. Assim sendo, uma caloria é designada mais corretamente como uma quilocaloria (kcal) (McArdle e col., 1992).

Consumo Máximo de Oxigênio ($\text{VO}_{2\text{máx}}$) – É a medida reconhecida mais extensamente de aptidão cardiopulmonar. É definida fisiologicamente como o ritmo mais alto de transporte e utilização do oxigênio que pode ser conseguido com um esforço físico máximo (ACSM, 2009).

Quociente Respiratório (QR) – Relação entre o CO_2 produzido e O_2 consumido. Fornece informação importante relativa à composição dos nutrientes catabolizados para a produção de energia durante o repouso e o exercício. Devido às diferenças químicas estruturais apresentadas, os hidratos de carbono e as gorduras têm QR diferentes. O QR para os hidratos de carbono é igual a 1,00 por possuir trocas gasosas equivalentes, ou seja, por serem produzidas um número de moléculas de dióxido de carbono igual ao número de moléculas consumidas de oxigênio. Em geral, o valor do QR para a gordura é considerado como sendo 0,70. O valor geral para o QR da proteína é de 0,82. Qualquer fator não diretamente relacionado com a combustão dos nutrientes mas que influencie o consumo de O_2 ou a produção de CO_2 pode resultar em valores “mascarados”. É frequente, por exemplo, num esforço intenso observar valores de QR superiores a 1,00 durante o exercício e valores de QR inferiores a 0,7 durante a recuperação (McArdle e col., 1992).

Taxa Metabólica de Repouso (TMR) – Inclui o custo de manter os sistemas integrados do corpo e a temperatura corporal em repouso. Constitui a energia necessária para manter o gradiente dos eletrólitos, para suportar o trabalho cardiovascular e pulmonar em repouso, e para providenciar energia usada pelo SNC (Sistema Nervoso Central) e outras reações químicas. Representa, para uma pessoa normal, cerca de 60 a 70% do DE diário (Poehlman, 1989).

MET – Definido como um Equivalente Metabólico de Repouso. Um único MET equivale à quantidade de energia gasta durante 1 minuto de repouso. Apesar de existirem diferenças individuais, porque a composição corporal, entre outros, tem grande influência no metabolismo de repouso, 1 MET é considerado como equivalente a 3,5 ml de O₂ por kg de peso corporal por minuto (ml.kg⁻¹.min⁻¹). (ACSM, 2009).

Atividade física de intensidade moderada – Toda a atividade física que, quando realizada, origina um dispêndio energético de 3 a 5,9 MET (ACSM, 2009; USDHHS, 1996).

Quantidade moderada de atividade física – Equivale a despendar aproximadamente 150/200 kcal mais do que o DE normal diário (ACSM, 2009; USDHHS, 1996).

Treino Concorrente – Treino realizado sob a forma de circuito que engloba uma componente aeróbia e uma componente de exercícios com cargas adicionais, mais conhecido como treino de força. O treino concorrente é também referido como treino misto ou combinado.

EPOC – *Excess Post-exercise Oxygen Consumption* ou em português Excesso de Consumo de Oxigénio Pós-exercício, é a energia despendida durante o período de recuperação pós-exercício enquanto a taxa metabólica permanece elevada acima dos valores de repouso pré-exercício (Sedlock e col., 1989; Binzen e col., 2001).

Capítulo II – Revisão da Literatura

Todo o exercício, ou atividade física, é prescrita tendo como suporte todo um conjunto de adaptações e potenciais efeitos que essa mesma atividade irá originar no indivíduo. De seguida serão apresentadas algumas considerações relativamente às adaptações provocadas pela prática do treino de força muscular, do treino aeróbio, e do treino concorrente no âmbito deste estudo.

1. Adaptações do Treino de Força e do Treino Aeróbio

1.1 Adaptações decorrentes do treino de força muscular

Com o treino da força ocorrem alterações fisiológicas tanto agudas quanto crónicas. As respostas agudas resultam habitualmente numa modificação imediata, enquanto uma alteração crónica representa uma função da resposta a um estímulo repetido representado pelo exercício. As adaptações decorrentes do treino resultam de uma sequência temporal específica ao indivíduo, e ao tipo de protocolo utilizado.

Uma das adaptações mais proeminentes a um TFM, devidamente elaborado e implementado, é o crescimento muscular. Esse aumento do tamanho do músculo é atribuído, principalmente, à hipertrofia das fibras musculares. Apenas as fibras ativadas durante o treino ficam sujeitas a essa resposta adaptativa.

Uma outra hipótese, embora controversa, sugerida para o aumento do tamanho do músculo é a hiperplasia das fibras musculares (maior número de fibras musculares), embora esta não tenha sido demonstrada nos seres humanos (António, J. e Gonyea, W. J., 1993). Durante muitos anos os ganhos na força assumiam-se ser resultado direto do incremento no tamanho muscular (hipertrofia). Esta presunção era lógica porque muitos dos indivíduos treinados, de forma regular, eram homens e desenvolviam grandes massas musculares.

Também o facto de, quando um membro se encontra imobilizado em gesso durante semanas ou meses, começa a diminuir o seu tamanho (atrofia) e a perder força de forma quase imediata, demonstrando uma associação entre a força e o tamanho muscular. Os ganhos no tamanho da massa muscular estão geralmente associados a ganhos na força, e perdas no tamanho do músculo estão muito correlacionados com perdas na força. Desta forma, ficamos tentados a concluir que existe uma relação causa efeito entre o tamanho muscular e a força muscular (Wilmore e Costill, 1994). No entanto, a força muscular envolve muito mais do que simplesmente o tamanho muscular. Durante as semanas iniciais de treino outros fatores, para além da hipertrofia, são responsáveis pelos aumentos da força. Durante as primeiras 3 a 5 semanas os fatores nervosos são os principais responsáveis pela maior parte dos incrementos iniciais na força. Essas adaptações nervosas incluem um maior impulso nervoso para o músculo, uma maior sincronização das unidades motoras (UM), maior ativação do aparelho contrátil, e a uma inibição dos mecanismos protetores do músculo. Após esse período inicial, tanto os fatores nervosos como a hipertrofia das fibras musculares, irão ser os principais responsáveis pelos incrementos na força (Moritani, T. e deVries, H. A., 1979).

O recrutamento de UM adicionais é uma das componentes nervosas que, pelo menos em parte, explica alguns dos ganhos de força resultantes do treino da força. Geralmente as UM não são recrutadas todas ao mesmo tempo. Os ganhos de força podem resultar do recrutamento de UM adicionais para agirem sincronamente, facilitando a contração e aumentando a habilidade do músculo para produzir força. Tais melhorias no padrão de recrutamento podem resultar do bloqueio, ou redução, dos impulsos inibitórios, permitindo que mais UM sejam ativadas de forma simultânea. No entanto, existe ainda alguma controvérsia relativamente ao facto da sincronização das UM ir produzir uma maior força de contração. Uma possibilidade alternativa passa por uma hipótese mais simples de que, mais UM são recrutadas para realizar uma determinada tarefa, independentemente de essas UM atuarem em conjunto ou não. Os mecanismos inibitórios no sistema neuromuscular, como os Orgãos Tendinosos de Golgi, podem ser necessários para prevenir os músculos de exercer mais força do que a tolerada pelos ossos e tecido conjuntivo. Designado por inibição autogénica,

este controlo, pode, através do treino, ser reduzido de forma gradual ou contrabalançado, permitindo ao músculo atingir níveis superiores de força. Assim como outras teorias, ainda são necessárias mais investigações científicas rigorosas de forma a ser aceite como um facto (Wilmore e Costill, 1994).

A atividade física faz também aumentar o tamanho e a força dos ligamentos, dos tendões e do osso (Conroy e col, 1993).

O conteúdo de mioglobina do músculo pode diminuir com o treino da força. Ao nível da capilarização, e densidade mitocôndrial, as adaptações dependem do tipo de treino realizado. O treino de alta intensidade e baixo volume reduz a densidade capilar, enquanto o TFM de baixa intensidade e alto volume faz aumentar a densidade capilar. A maior densidade capilar pode fazer aumentar a capacidade de remover o lactato e, portanto, aprimorar a capacidade de tolerar o treino sob condições altamente ácidas. Apesar de poucos estudos terem examinado o efeito do treino com cargas sobre a densidade mitocôndrial, ela diminui com o TFM, devido aos efeitos de diluição da hipertrofia muscular ACSM (2009).

Relativamente ao sistema endócrino, este desempenha uma função de apoio importante para os mecanismos de adaptação, resultando numa maior produção de força muscular. A associação das hormonas com o sistema nervoso, torna o sistema neuro-endócrino um dos sistemas fisiológicos mais importantes no que concerne às adaptações do TFM. A função endócrina é altamente integrada com o estado nutricional, o estado de treino, e outros fatores externos (stress, sono, doença, etc.), que afetam os processos de remodelação e reparação. As hormonas anabólicas principais são a testosterona, hormona de crescimento, e o fator de crescimento semelhante à insulina, enquanto as hormonas catabólicas primárias são o cortisol e as catecolaminas. A resposta da testosterona parece ser determinada pela modalidade, intensidade, e duração do programa de treino. A resposta hormonal ao treino da força é determinada por fatores como a quantidade de massa muscular recrutada, intensidade da sessão de trabalho, quantidade de repouso entre as séries e exercícios, volume total de trabalho, e nível de treino do indivíduo (Deshene e col., 1991).

O TFM pode ter um impacto na aptidão cardio-respiratória, especificamente nos fatores de risco associados à doença cardiovascular. Assim como ocorre com as adaptações anteriores, as adaptações cardiovasculares ao TFM são afetadas pelo volume e pela intensidade do treino. As diferenças face ao treino aeróbio são devidos, de uma forma geral, ao facto de no treino aeróbio ser bombeado um grande volume de sangue com uma pressão relativamente baixa e, no TFM ser bombeado um volume de sangue relativamente pequeno mas com uma alta pressão (ACSM 2009). O TFM realizado sob a forma de circuito, através de um programa de grande volume e intervalos curtos é descrito como uma boa forma para incrementar o VO_{2max} (Kraemer e col., 2002)

Com o TFM, a FC a intensidades sub-máximas de exercício está normalmente reduzida, refletindo normalmente uma boa aptidão cardio-respiratória. Uma ausência de mudança, ou uma ligeira redução, na PA sistólica e diastólica de repouso também ocorre com o TFM. Os indivíduos altamente treinados com cargas adicionais possuem volumes de ejeção sistólica, em repouso e absolutas, normais ou acima do valor normal. No entanto, em relação à área superficial corporal ou à massa corporal magra, o seu volume sistólico não é muito diferente do normal (Fleck, 1988).

O TFM com cargas elevadas pode induzir pequenos aumentos (5-10%) no pico de consumo de oxigénio (VO_{2pico}), contrariamente aos aumentos de 15-20% que ocorrem do treino de resistência aeróbio tradicional. O volume de trabalho parece ser um fator crítico para estimular uma resposta adaptativa na potência aeróbia. Um programa de TFM, elaborado com a finalidade de aumentar o VO_{2pico} , deverá consistir num alto volume com períodos de repouso relativamente curtos entre as sessões e os exercícios (Kraemer, 1988).

Um aumento da massa ventricular esquerda pode estar associado a um aumento na espessura da parede e do tamanho das cavidades. Esse espessamento constitui uma adaptação a uma pressão arterial elevada, intermitente, durante o TFM. O aumento da espessura depende de fatores como o nível do atleta, se as séries são realizadas até ocorrer fadiga concêntrica, e do tamanho da massa muscular envolvida nos exercícios (Fleck, 1988).

Quanto ao perfil lipídico o TFM parece originar alterações positivas nos lípidos sanguíneos e nas lipoproteínas. Foram observadas reduções ao nível das LDL e triglicéridos, e aumento das HDL (Kokkinos e Hurley, 1990; Nowak, 2006; Stone e col., 1991; Kraemer e col., 2002).

O TFM pode também aumentar a sensibilidade à insulina e melhorar a tolerância à glucose, ambos fatores importantes na prevenção da diabetes. O TFM pode reduzir o risco de obesidade através do aumento da MIG e da TMR, reduzindo a massa gorda. O aumento na MIG promove um aumento da TMR, isto porque o músculo é metabolicamente mais ativo que a gordura. O TFM proporciona, também, o estímulo mecânico essencial para a manutenção e melhoria da saúde óssea essencial no combate e prevenção da osteoporose (Stone e col., 1991; Kraemer e col., 2002).

1.2 Adaptações decorrentes do treino aeróbio

O treino aeróbio é também frequentemente descrito como treino de resistência. No entanto, resistência é um termo que descreve dois conceitos separados mas relacionados: resistência muscular e resistência cardio-respiratória. Cada uma delas tem um contributo único para a prestação atlética, diferindo assim, cada uma delas, na sua importância para diferentes atletas. Enquanto a resistência muscular se refere à habilidade individual de um músculo, ou grupo muscular, em manter um exercício de alta intensidade, repetitivo ou estático, a resistência cardio-respiratória refere-se ao corpo como um todo, ou seja, à habilidade que o corpo tem em manter um exercício ritmado de forma prolongada. Enquanto a resistência muscular está altamente relacionada com a força muscular e o desenvolvimento anaeróbio, a resistência cardio-respiratória esta fortemente relacionada com o desenvolvimento dos sistemas cardiovascular e respiratório, ou seja, do desenvolvimento aeróbio.

Para sabermos quais os efeitos do treino da Resistência é necessário avaliar a capacidade aeróbia de um indivíduo. A maioria dos investigadores utiliza o $\text{VO}_2\text{máx.}$, representativo da potência aeróbia, como a medida laboratorial mais objetiva da capacidade de resistência cardio-respiratória (Wilmore e Costill, 1994). Seguidamente serão apresentadas, segundo Wilmore e Costill (1994), as adaptações resultantes do processo de treino aeróbio.

1.2.1 Adaptações Cardiovasculares

Inúmeras adaptações cardiovasculares ocorrem em resposta ao treino. Essas alterações ocorrem ao nível do:

Tamanho do coração – em resposta a um aumento do trabalho, o tamanho e volume do coração aumenta, e a parede do ventrículo esquerdo aumenta de espessura, aumentando o potencial de força contrátil dessa câmara, assim como a cavidade, em resultado do treino de resistência, principalmente como resposta a um aumento do enchimento ventricular.

Volume Sistólico (VS) – o VS em repouso é substancialmente maior após um programa de treino de resistência do que antes do mesmo. Após o treino, o ventrículo esquerdo enche de forma mais completa durante a fase diastólica do que num coração destreinado. Quanto mais sangue entra no ventrículo maior é o alongamento das paredes ventriculares, resultando numa recolha elástica maior. Por outro lado, e em resultado de uma hipertrofia ventricular, já referida anteriormente, ocorre uma contração mais forçada e potente, originando que mais sangue seja expelido do coração, deixando menos sangue no ventrículo esquerdo após a sístole. Um aumento da contratilidade associado a um aumento da recolha elástica, que resulta de um maior enchimento diastólico, aumenta a fração de ejeção no coração treinado, aumentando o VS.

Frequência Cardíaca (FC) – a FC, tanto em repouso como em exercício, é um bom indicador de como o coração está a trabalhar. Como os músculos ativos requerem mais oxigénio é natural que o consumo de oxigénio do coração, e em consequência a quantidade de trabalho que ele realiza, esteja diretamente relacionado com a taxa de contração do coração. A FC em repouso diminui de forma marcante em resultado do treino de resistência. Apesar do mecanismo responsável por esta diminuição não ser inteiramente conhecido, parece que o treino aumenta a atividade do sistema nervoso parasimpático no coração enquanto diminui a atividade simpática. A FC durante exercícios sub-máximos também diminui, por vezes em cerca de 20 a 40 batimentos por minuto após 6 meses de treino moderado. A FC sub-máxima, de um determinado indivíduo, decresce proporcionalmente à quantidade de treino realizado. A FC máxima (FC_{máx}) pode permanecer inalterada ou decrescer ligeiramente com o treino. Quando esse decréscimo ocorre, provavelmente será para permitir um VS óptimo, maximizando o Débito Cardíaco. Quanto à FC de recuperação, ou seja, o tempo que a FC demora a atingir o seu valor de repouso, decresce com o aumento da resistência individual, fazendo deste valor um valor apropriado para monitorizar o progresso durante o processo de treino, não sendo, no entanto útil para comparar o nível de condição de diferentes pessoas.

Débito Cardíaco – as duas componentes anteriores (FC e VS) são responsáveis pelo débito cardíaco. Com o exercício, a FC geralmente diminui e o VS aumenta. Em repouso, ou durante exercícios sub-máximos, o débito cardíaco não se altera muito após o treino de resistência. No entanto, o débito cardíaco aumenta consideravelmente em situações de trabalho máximo. Este facto deve-se a um incremento no VS, isto porque, a FC_{máx} pouco ou nada se altera.

Circulação Sanguínea – os músculos ativos necessitam de mais nutrientes e oxigénio. Para ir de encontro a essas necessidades, mais sangue deve ser enviado a esses músculos durante o exercício. À medida que os músculos ficam mais treinados, o sistema cardiovascular adapta-se para aumentar o fluxo sanguíneo para esses músculos. Três fatores são responsáveis por esse aumento: um aumento da capilarização dos músculos treinados; maior abertura

dos capilares existentes nos músculos treinados; e redistribuição mais eficiente do sangue.

Pressão Arterial (PA) – após o treino de resistência, a PA sanguínea, altera-se pouco durante os exercícios sub-máximos estandardizados, ou durante exercícios máximos. No entanto, a PA baixa geralmente em pessoas que se encontram no limite, ou com PA moderada, antes do exercício. Essa redução ocorre tanto na PA sistólica como diastólica.

Volume Sanguíneo – o treino de resistência aumenta o volume sanguíneo. Este efeito é maior com níveis de treino mais intensos. Este aumento resulta num incremento no volume plasmático, resultado de dois mecanismos. Primeiro, devido a uma maior libertação da hormona antidiurética (ADH) e aldosterona, originando uma maior retenção de água por parte do rim, em resultado do exercício, e segundo porque o exercício aumenta a quantidade de proteínas plasmáticas, em particular a albumina. Os glóbulos vermelhos também podem aumentar. O aumento do plasma, já referido, diminui a viscosidade do sangue, podendo melhorar a circulação.

1.2.2 Adaptações respiratórias ao treino

Independentemente da eficiência do sistema cardiovascular em fornecer, aos tecidos, a quantidade adequada de sangue, a resistência seria prejudicada se o sistema respiratório não fornecesse oxigénio suficiente para fazer face a essas exigências. Normalmente, o funcionamento do sistema respiratório não limita a prestação porque a ventilação pode ser aumentada a um nível superior ao da função cardiovascular. Mas, assim como o sistema cardiovascular, o sistema respiratório sofre adaptações específicas ao treino da resistência para maximizar a sua eficiência. Após o treino, o volume respiratório (quantidade de ar inspirado e expirado durante uma respiração normal) permanece inalterado em repouso e em exercícios sub-máximos, no entanto, parece aumentar em níveis máximos de exercício. A taxa respiratória, após o treino, está usualmente baixa em repouso e durante o exercício sub-máximo, no entanto, aumenta consideravelmente com o

exercício máximo, após o treino. Os dois fatores (volume respiratório e taxa respiratória) são responsáveis por um aumento da ventilação pulmonar em esforço máximo após o exercício. Devido a um maior número de trocas gasosas, durante o exercício máximo, a difusão pulmonar também aumenta. A diferença artério-venosa aumenta com o treino, principalmente em exercícios máximos, refletindo um aumento na extração de oxigênio pelos tecidos, e uma distribuição mais efetiva do sangue pelos tecidos ativos.

1.2.3 Adaptações Metabólicas

As melhorias na resistência resultam de muitas adaptações aos estímulos de treino. Algumas dessas adaptações ocorrem ao nível muscular. De seguida serão abordadas as adaptações musculares que ocorrem do treino da resistência, assim como as alterações que ocorrem a nível metabólico nos tecidos ativos.

Ao nível das adaptações musculares sabe-se que, o uso repetido de estímulos sobre as fibras musculares alteram a sua estrutura e funcionamento. Uma das adaptações mais importantes, que ocorre em resultado do treino aeróbio, é um aumento no número de capilares em redor de cada fibra muscular. Esse aumento de capilarização melhora e permite uma maior perfusão sanguínea e, consequentemente, maior troca de gases, calor, metabolitos, e nutrientes entre o sangue e o músculo ativo. Outra adaptação decorrente do treino aeróbio é o aumento do conteúdo de mioglobina no músculo em cerca de 75% a 80%. A mioglobina é responsável pelo armazenamento do oxigênio que depois é transportado para a mitocôndria. As mitocôndrias músculo-esqueléticas também aumentam, tanto em número como em tamanho, providenciando ao músculo um metabolismo oxidativo bem mais eficiente. Essa eficiência é resultado de um incremento da atividade de muitas das enzimas oxidativas, responsáveis pela produção de ATP dentro das mitocôndrias.

Todas essas alterações que ocorrem no músculo, combinadas com adaptações no sistema de transporte de oxigênio, conduzem a um funcionamento aperfeiçoado do sistema oxidativo e melhoria na resistência aeróbia.

O treino aeróbio provoca ainda outro tipo de adaptações que resultam da integração dos sistemas cardiovascular e respiratório ao nível dos músculos ativos. Esses parâmetros são o limiar de lactato, o quociente respiratório e o consumo de oxigênio.

O limiar de lactato aumenta com o treino da resistência, ou seja, após o treino pode realizar trabalho a uma taxa mais elevada e a uma taxa absoluta superior de consumo de oxigênio, sem aumentar o lactato sanguíneo acima dos níveis de repouso.

Após o treino, o QR decresce em termos absolutos e relativos, em situações de trabalho sub-máximos. Alterações que são devidas a uma maior utilização de ácidos gordos livres em vez de hidratos de carbono, nessas situações de trabalho sub-máximos em indivíduos treinados. No entanto, durante níveis máximos de trabalho, em indivíduos treinados, o QR aumenta, refletindo uma maior habilidade em produzir trabalho a níveis máximos durante períodos de tempo maiores.

O consumo de oxigênio pode ser ligeiramente aumentado em repouso, e diminuir ligeiramente, ou permanecer inalterado, durante exercícios sub-máximos, em resultado do treino. O $\text{VO}_{2\text{máx}}$ aumenta substancialmente após o treino, mas a grandeza desse incremento está limitada em cada indivíduo. O principal fator limitante parece ser o transporte de oxigênio para os músculos ativos.

1. Treino Concorrente

O treino concorrente da Força e da Resistência aeróbia, designado como treino concorrente, é composto, como o nome indica por um treino aeróbio e outro de força. Ambas as formas de treino já foram referidas anteriormente quanto aos métodos de treino e sua prescrição, e formas de manifestação, pelo que não serão abordados aqui esses assuntos relativamente ao treino concorrente.

1.3.1 Adaptações decorrentes do treino concorrente

O treino da força e aeróbio é por vezes realizado de forma concorrente por atletas e praticantes de *fitness*. Este tipo de treino pode, no entanto, resultar num antagonismo das respostas ao treino. Quando esse antagonismo ocorre pode ser relacionado com as diferentes, e por vezes opostas, adaptações induzidas pelo TFM e pelo treino da resistência.

O TFM causa primariamente hipertrofia das fibras musculares associado a um aumento das proteínas contráteis, o que contribui para aumentar a força voluntária. O TFM pode também originar um decréscimo na densidade capilar, e volume na densidade mitocondrial. Em contraste, o treino da resistência, origina um aumento da densidade capilar, volume na densidade mitocondrial, e da atividade enzimática oxidativa, o que aumenta a resistência. No entanto, o treino da resistência pode também originar um decréscimo na força e do tamanho das fibras musculares, alterações que podem impedir o desenvolvimento da força. Este efeito antagonista pode, também, resultar na dificuldade em se adaptar a uma carga “dupla” de estímulo de treino. Por outro lado, uma combinação de algumas formas de treino da força e resistência pode ser “aditiva” em vez de antagonista.

Se a interação entre o treino concorrente, da força e resistência, provoca um antagonismo ou uma adição da resposta ao treino, provavelmente depende de diversos fatores, incluindo o estado inicial de treino, o modo de treino, a

intensidade, volume e frequência do treino, e a forma como os dois tipos de treino são integrados (Sale e col., 1990).

Para ocorrerem adaptações positivas durante o treino concorrente, o corpo deve-se adaptar aos dois estímulos de treino em simultâneo. No entanto, as adaptações fisiológicas associadas a cada modo de treino são diversas e podem, usualmente, ser consideradas mutuamente exclusivas.

Sale e col. (1990), observaram que, em homens, o treino concorrente (força e aeróbio) não causa interferência no desenvolvimento da força. Foi registado um aumento médio de 26,6% no 1 RM na prensa de pernas, após 11 semanas de treino, independentemente da ordem em que foi realizado o treino. No entanto, a sequência de treino pode ter tido influência negativa pois a potência aeróbia apenas aumentou, significativamente, no grupo que realizou o TFM, e no grupo que realizou o TFM e depois o treino aeróbio. Ao pretenderem comparar a realização do TFM em dias diferentes da semana do treino aeróbio vs realizar o TFM e aeróbio no mesmo dia da semana, os investigadores constataram que o primeiro produziu um maior incremento na força voluntária (25% vs 13%), mas não um grande incremento no músculo ou tamanho da fibra muscular, tendo sido semelhante em ambos. Uma possível razão para esse impedimento terá sido uma diminuição da “qualidade” do treino da força, que foi diminuída nos dias em que foi realizado imediatamente após o treino de resistência (aeróbio). O mesmo poderá ter sucedido nos dias em que o TFM foi feito em primeiro lugar, antecipando a sessão dura de resistência que se seguiu. Essa fadiga, ou antecipação, poderão ter reduzido o esforço aplicado no TFM, ou reduzido a quantidade de peso levantado, ou o número de repetições completadas. O TFM realizado em dias diferentes da semana, dos dias de treino aeróbio, originou um maior incremento na força voluntária em comparação com o TFM e aeróbio realizado no mesmo dia da semana. O desenvolvimento da resistência foi similar nos dois regimes, no entanto, apenas o treino concorrente realizado no mesmo dia originou um incremento significativo na atividade da enzima oxidativa *Citrate Synthase*, mas não grandes incrementos na potência aeróbia, ou resistência no levantamento de cargas. Assim, nenhum dos regimes foi, na generalidade, superior ao outro.

Relativamente ao $\text{VO}_2\text{máx}$, também foram encontrados ganhos resultantes do uso do treino concorrente. McCarthy e col. (1995) observaram que a prestação concorrente não prejudica a magnitude dos ganhos da potência aeróbia, induzida pelo treino aeróbio de forma isolada, nem os ganhos ao nível da força. Os resultados por eles obtidos indicam que, em adultos sedentários do sexo masculino, em regime de treino 3 vezes por semana, combinando o treino da força convencional e o treino aeróbio, irá induzir incrementos simultâneos, e substanciais, tanto na força como na resistência. No grupo do treino concorrente, os incrementos na força foram da mesma magnitude que os ganhos produzidos quando o TFM foi realizado de forma isolada (22% vs 23%, respetivamente). Incrementos compatíveis no VO_2 pico foram da mesma magnitude quer quando o treino aeróbio foi realizado de forma combinada quer de forma isolada (16% vs 18%, respetivamente). Este conceito é consistente com a teoria de que, a circulação central é o fator predominante que limita a potência aeróbia máxima durante o exercício que envolve grandes grupos musculares. Embora o TFM possa induzir alterações periféricas que possam parecer antagónicas do desenvolvimento da potência aeróbia, as adaptações circulatórias centrais, relacionadas com a obtenção da potência aeróbia máxima, parecem ser minimamente afetadas com o TFM. No que respeita à MIG, esta aumentou no grupo da Força (3,4%) e Combinado (5,3%), e não se alterou no grupo que realizou treino Aeróbio. No entanto, a massa gorda diminuiu de forma similar nos 3 grupos.

Também ao nível do $\text{VO}_2\text{máx}$ foram encontrados ganhos resultantes do uso do treino concorrente. Num estudo com homens, pertencentes a uma equipa de Basquetebol, Balabinis e col. (2003), observaram que o grupo que realizou treino concorrente (força e aeróbio) obteve ganhos superiores no $\text{VO}_2\text{máx}$, quando comparado com o grupo que havia realizado apenas treino aeróbio (12,9% vs 6,8%), tendo o grupo da força observado um declínio (8,8%). Deste estudo os autores concluíram que o treino concorrente é mais efetivo, em termos de melhoria da prestação atlética, do que o treino de ambas as formas em separado. Também ao nível da composição corporal, o grupo concorrente obteve, em média, níveis pós treino mais baixos, relativamente à percentagem

de gordura corporal, do que os grupos de força ou aeróbio (8,7% vs 9,1% e 9,8%, respetivamente).

Também Pinto (2007), numa comparação longitudinal entre protocolos Aeróbio, Força e Misto (concorrente), constatou que os valores de $VO_{2\text{máx}}$ absoluto e relativo do grupo de treino Misto aumentaram, após 24 semanas de treino, 8,9% e 13,4%, respetivamente. Esses incrementos também foram observados no protocolo Aeróbio (7,7% e 9,5%, respetivamente), demonstrando a eficácia dos dois protocolos na melhoria da função cardio respiratória.

A possível interação entre as diversas variáveis envolvidas (volume, intensidade, frequência, modos de exercício, estado inicial de treino e a forma como o treino é integrado – força e componente aeróbia) é numerosa, e não é surpreendente que surjam resultados diferentes nos diferentes estudos.

Por outro lado Bishop e col. (1999), num estudo com ciclistas (18 e 42 anos de idade), obtiveram ganhos significativos no 1 RM de agachamento (35,9%) após o TFM ser adicionado ao seu treino de resistência durante 12 semanas, mas não obtiveram melhorias na prestação aeróbia. A especificidade do movimento pode explicar em parte porque o aumento na força da perna não resultou numa melhoria na prestação aeróbia no presente estudo. Para além de serem específicos do movimento, os ganhos na força também parecem ser específicos na velocidade de execução.

Segundo Bell e col. (2000), alguma interferência com o desenvolvimento da força pode ocorrer, e pode ser específico de padrões de movimento particulares. A razão subjacente a esta redução nos ganhos de força derivada do treino concorrente é, parcialmente, devido a uma resposta hipertrófica suprimida no músculo que pode estar relacionada com um elevado estado catabólico derivado das elevadas concentrações de cortisol. É sugerido que ganhos similares no $VO_{2\text{máx}}$ podem ser esperados. Indivíduos que requerem um desenvolvimento, tanto na força como na resistência, para propósitos atléticos, ocupacionais ou de reabilitação, podem estar seguros que o treino a curto prazo (menos de 7-10 semanas), realizado de forma concorrente irá promover incrementos em muitos

aspectos da força e da resistência. No entanto, o treino mais prolongado pode levar a um estado catabólico elevado, hipertrofia muscular reduzida, e ganhos de força reduzidos/impedidos em alguns padrões de movimento. Contrariamente, o treino concorrente pode promover incrementos em alguns aspectos da capilarização, que são maiores que os obtidos apenas pelo treino aeróbio, durante o mesmo período de tempo. Os dados disponíveis, do estudo realizado pelos investigadores, também mostraram que o treino concorrente pode produzir grandes aumentos capilares por fibra, comparando com os outros tipos de treino de forma isolada. Os aumentos no VO_{2max} foram similares entre o treino concorrente e de resistência. Desses dados os autores concluíram ainda que, o treino concorrente pode levar a um estado catabólico elevado nas mulheres, comparando com o facto de realizar o mesmo TFM ou aeróbio isoladamente, ou em comparação com os homens.

Uma descoberta importante, observada por Ferketich e col. (1998), foi de que, em mulheres idosas, o TFM combinado com o EA, melhoram, de forma significativa, a força (111,9% vs 43%) e a resistência à fadiga nos exercícios sub-máximos (396% vs 165%) numa proporção maior que o treino aeróbio realizado de forma isolada, tendo sido também observada uma melhoria no VO_{2max} pico, embora ligeiramente superior, ao obtido no EA (29,9% vs 24,8%, respetivamente). Esta é uma descoberta muito importante, principalmente para a população idosa, pois as atividades do dia-a-dia requerem esforços de nível sub-máximo e não máximos. Logo este tipo de população, aumentando a sua resistência sub-máxima, pode ter uma vida mais independente. É importante realçar que o TFM não comprometeu as adaptações cardiovasculares que decorreram do EA nos idosos.

Leveritt e col. (1999), numa revisão de estudos sobre treino concorrente, observaram que a constatação mais consistente e emergente da literatura sobre esta forma de treino foi que os incrementos na força e potência, durante o treino concorrente, ficam reduzidos quando comparando como o TFM realizado isoladamente. No entanto, nem sempre é esse o caso. Nelson e col. (1990), reportaram que as melhorias no VO_{2max} , durante a segunda metade de um

protocolo de 20 semanas, foram comprometidas durante o treino concorrente, quando comparado com o treino de resistência isoladamente.

Leveritt e col. (1999), referem que o treino concorrente pode, ocasionalmente, inibir o desenvolvimento da força ou resistência. No que respeita ao tipo de TFM, o desenvolvimento da força dos membros inferiores parece ficar comprometido quando os membros inferiores são utilizados em alguma forma simultânea de treino aeróbio. No entanto, o treino concorrente pode não restringir o desenvolvimento da força superior. Já tendo em conta a modalidade de EA, todos os estudos que incorporaram a corrida, como modalidade de treino aeróbio, demonstraram uma inibição no desenvolvimento da força. O historial de treino de um indivíduo também tem influência uma vez que, tem sido demonstrado, o desenvolvimento da força após o treino concorrente em treinados e não treinados. Tem sido sugerido que o treino concorrente pode inibir o desenvolvimento da força em mulheres previamente treinadas mas não em homens. Em algumas ocasiões tem sido observado que o treino com cargas melhora os parâmetros associados à prestação aeróbia. Interessantemente, nenhum dos estudos sobre treino concorrente tem demonstrado evidência clara de um efeito aditivo do treino concorrente (melhorias tanto na força como na resistência que são maiores após o treino concorrente do que após o treino da força ou resistência isoladamente). De uma forma resumida pode-se dizer que o treino concorrente inibe o desenvolvimento da força, quando comparado com o TFM realizado de forma isolada. Também interfere com o desenvolvimento da força isocinética dos membros inferiores em velocidades de contração muscular rápidas ($> 1.68 \text{ rad.s}^{-1}$), mas não em lentas ($< 1.68 \text{ rad.s}^{-1}$). O efeito da modalidade de EA sobre a sua interferência no desenvolvimento da força associado ao treino concorrente ainda não está esclarecido. No entanto, o EA, com corrida, combinado com o treino com cargas parece inibir o desenvolvimento da força isoinercial, quando comparado com o TFM isoladamente. Os participantes com um historial de treino de resistência podem ser menos susceptíveis a qualquer efeito negativo do treino concorrente no desenvolvimento da força.

Alguns mecanismos têm sido propostos na tentativa de explicar os impedimentos relativamente à inibição do desenvolvimento da força aquando da realização do treino concorrente. Um dos mecanismos possíveis sugeridos é o sobre-treino. A maioria dos estudos sobre treino concorrente envolve pelo menos 3 grupos experimentais pelo que, os participantes no grupo do treino concorrente tinham de suportar o dobro da carga de treino dos outros dois grupos. Mais investigações devem ser realizadas para aceitar este argumento. Outro dos mecanismos propostos é o que apresenta como solução uma hipótese crónica. Esta hipótese sugere que o músculo-esquelético é colocado numa situação de conflito quando se realiza o treino concorrente. O músculo tenta adaptar-se às duas formas de treino. No entanto, isso não é possível porque as adaptações ao treino da resistência são inconsistentes com as adaptações observadas no treino da força. O treino concorrente provoca diferentes adaptações ao nível músculo-esquelético. As evidências que suportam esta hipótese são limitadas. Apesar da relativa pequena quantidade de evidência, alguns autores sugeriram adaptações específicas do músculo-esquelético que podem ser alteradas durante o treino concorrente. Isto inclui mudanças na transformação das fibras musculares e hipertrofia muscular, assim como alterações no padrão de eficiência do recrutamento das UM. Relativamente à primeira, o treino concorrente tem o potencial de provocar rápidas alterações na capacidade contrátil do músculo treinado, que é diferente das alterações associadas ao TFM e resistência realizados de forma isolada, pelo que, as pesquisas até à data sugerem que o treino concorrente não altera a normal transição dos tipos de fibras musculares associadas ao TFM isoladamente. Quanto à hipertrofia da fibra muscular, a hipótese em causa sugere que, o treino concorrente pode provocar diferentes padrões de hipertrofia muscular aos normalmente observados durante qualquer um dos modos de treino individualmente, pelo que, o efeito sobre a fibra muscular ainda não é claro. Alterações no padrão da hipertrofia muscular nos vários sub grupos de tipo de fibras são evidentes após o treino concorrente. No entanto, isso não parece estar associado com qualquer inibição no desenvolvimento da força, por vezes observado após o treino concorrente. Por fim, as exigências colocadas no sistema neuromuscular durante o TFM e resistência requerem diferentes padrões de ativação das UM. O recrutamento das fibras musculares durante o

exercício de resistência está dependente da intensidade do exercício. Ocorre preferencialmente o recrutamento de fibras ST durante atividades aeróbias de baixa e média intensidade. O treino concorrente parece solicitar uma resposta adaptativa diferente ao do TFM e aeróbio realizado de forma isolada.

Uma segunda hipótese apresentada é a descrita como hipótese aguda. Esta hipótese refere que a fadiga residual da componente do treino aeróbio, do treino concorrente, compromete a habilidade de desenvolver tensão durante o elemento de força do treino concorrente. O grau de tensão desenvolvido pelo músculo durante o treino é um fator crítico na produção óptima de força. Se uma tensão suficiente não for capaz de ser gerada durante a componente de força do treino concorrente, um desenvolvimento óptimo da força e adaptação podem não ocorrer. Ou seja, esta hipótese sugere que simplesmente realizando o TFM e o EA, de forma concorrente, não implica necessariamente que cause um impedimento no desenvolvimento da força. Parece que alguma forma de fadiga residual, resultante da atividade física precedente, pode reduzir a qualidade da atividade física subsequente. Isto pode conduzir a uma inibição na normal resposta adaptativa induzida pelo treino associado na segunda atividade a treinar.

De acordo com os investigadores, existe evidência que permite sugerir que a fadiga residual de um EA anterior inibe a qualidade do exercício de força subsequente. No entanto, ainda não é claro, nesta altura, se as reduções na qualidade do TFM são responsáveis por causar dificuldades no desenvolvimento da força durante o treino concorrente de força e EA (Leveritt e col., 1999).

Atualmente, ambas as hipóteses, crónica e aguda, têm sido propostas para explicar o fenómeno da inibição/restricção da força durante o treino concorrente. No entanto, existe uma evidência limitada para ambas as hipóteses.

2. Dispendio Energético

A atividade física confere uma proteção significativa face às doenças crónicas, tais como, as doenças cardiovasculares e a diabetes não insulino-dependente e, também, porque parece reduzir os risco de osteoporose e alguns cancros (Sallis e Patrick, 1994). Para além disso a prática de uma atividade física regular é considerada como um meio facilitador de controlo do peso corporal por facilitar a relação entre o DE diário e o aporte energético diário, favorecendo um estado de balanço energético (Poehlman e col., 2002).

O DE diário resulta do somatório de 3 componentes: a taxa metabólica de repouso, o efeito térmico dos alimentos, e o efeito térmico da atividade física (Poehlman, 1989; Barata, 1997). Para Poehlman (1989), a TMR corresponde à maior porção, com valores que vão desde os 60 aos 70%, o efeito térmico dos alimentos a cerca de 10%, e o efeito térmico da atividade física, considerada por este autor como a componente mais variável, de 15% a 30%. Para Barata, T. (1997), estes valores são em tudo semelhantes, variando a TMR, ou metabolismo de repouso, entre os 60% e os 75%, e a termogénese induzida pelos alimentos entre os 5 e os 10%.

Estas componentes são influenciadas por múltiplos fatores pelo que, os valores apresentados não são rígidos. No que se refere à TMR, esses fatores são a idade, o género, o tamanho e composição corporal, a temperatura corporal, a concentração de hormonas termogénicas, e o nível de aptidão física. Por seu lado, o efeito térmico da atividade física é influenciado, em termos gerais, por toda a atividade muscular, incluindo o exercício propositado e programado (Poehlman, 1989) e, dentro deste, por fatores como a intensidade, o tipo, a duração e frequência da mesma (Barata, 1997).

O DE é variável consoante o tipo e natureza da atividade física realizada e encontram-se atualmente descritas no compêndio elaborado por Ainsworth e col. (1993). Os valores do compêndio são, no entanto, aplicados a adultos e não a crianças. Atualmente, não é claro em que patamar, ou em que idade, os valores do compêndio podem ser aplicados a crianças. Pesquisas indicam que, o DE de

repouso, é maior nas crianças do que em adultos e, de alguma forma, maiores nos rapazes do que nas raparigas. Este maior valor, no DE de repouso, é provavelmente devido a uma variedade de fatores, nos quais se incluem o crescimento e a puberdade, e diferenças na massa corporal. Adicionalmente, o custo energético pode ser maior nas crianças devido a uma proporção maior dos órgãos internos nas crianças, as suas pernas mais curtas e menos massa muscular, pelo que, a utilização do compêndio em crianças pode geralmente conduzir a uma sub estimação do DE. No entanto, por volta dos 15 anos, nas raparigas, e 16 anos de idade, nos rapazes, os valores do compêndio já parecem ser aceitáveis, tendo em consideração que o valor $3,5 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ é um valor médio aproximado. O DE, tanto em repouso como durante as atividades, varia por estágio pubertal, com os resultados a aproximarem-se dos valores dos adultos no estágio 5 de Tanner (Harrell e col., 2005).

2.1 Treino da Força Muscular

Atualmente o TFM, ou treino com cargas adicionais, definido como o treino que utiliza pesos livres, máquinas com cargas, o peso do próprio corpo, bandas elásticas e outras formas de equipamento, com o propósito de melhorar a força, resistência, e potência musculares (Conley e Rozenek, 2001), é uma forma muito popular de atividade física e é, frequentemente, utilizado nos programas de treino em ginásios. Segundo Thornton e Potteiger (2002), o EA tem sido a principal atividade recomendada para as mulheres mas, recentemente, o treino com resistências tem se tornado popular e reconhecido como uma parte de um programa de treino bem estruturado. Atualmente, devido à sua crescente popularidade, o trabalho com cargas de intensidade baixa a moderada tem sido regularmente prescrito às mulheres.

Com a sua utilização (TFM), e quando incorporado num programa de treino, pretende-se não só obter os benefícios já conhecidos deste tipo de trabalho, ao nível do aumento da força e resistência musculares, da MIG, da densidade mineral óssea e também por melhorar o perfil lipídico sanguíneo, (Hass e col., 2001; Conley e Rozenek, 2001), prevenir a osteoporose, melhorar a estabilidade

dinâmica e preservação da capacidade funcional, como também, aumentar o DE diário em programas de perda de peso, promovendo a perda de peso e sua manutenção (ACSM, 2009).

Ao longo dos tempos foram vários os autores e os estudos que procuraram analisar o DE e as respostas metabólicas e cardiovasculares do TFM. McArdle e Foglia (1969), num estudo com indivíduos do sexo masculino (idade média = 19 anos), compararam as respostas metabólicas, ventilatórias e cardiovasculares de 2 tipos de TFM usualmente utilizados, o método isométrico e o método isotónico. Os resultados indicaram que a resposta da frequência cardíaca (FC) foi de uma magnitude inferior durante as contrações isométricas, isto, apesar de, apenas em dois (agachamento e supino) dos quatro exercícios essa diferença ter sido significativa. No entanto, a FC continuou a aumentar após se completar a contração isométrica. Em ambas as formas de exercício os autores constataram uma demanda aeróbia ligeira com predominância do metabolismo anaeróbio durante o exercício.

Pichon, Hunter e col. (1996) analisaram a resposta metabólica de dois tipos de TFM distintos, o TFM tradicional e o TFM em circuito. Utilizando uma amostra de 8 estudantes (27 anos de idade), observaram que o TFM tradicional originou um DE total de cerca de 49.8 kcal e uma FC média de 120 bat.min⁻¹. O reduzido impacto metabólico e energético deste tipo de treino, muito longe do recomendado pelo ACSM, pode ser explicado pelo maior intervalo entre exercícios, o reduzido número de repetições e, no protocolo em causa, o reduzido número de exercícios apresentados (2 séries de 4 exercícios).

No entanto, Poehlman e Melby (1998) afirmaram, após realizarem uma breve revisão de literatura sobre os efeitos do TFM no DE que, este tipo de treino, não aumenta substancialmente o DE diário e, evidências preliminares, sugerem que, apesar de o TFM aumentar a força e resistência musculares, o seu efeito no balanço energético e regulação do peso corporal parece ser mediado primariamente pelos seus efeitos na composição corporal (aumento da MIG) do que pelo custo energético direto do TFM.

Phillips e Ziuraitis (2003), realizaram um estudo experimental com o objetivo de aceder à intensidade em MET (Equivalente Metabólico de Repouso) e ao custo energético de uma sessão de TFM de acordo com as recomendações do ACSM. Utilizando a calorimetria indireta através de um analisador de gases portátil (CosMed K4b²), foram feitas recolhas a uma população de 6 homens e 6 mulheres familiarizados com o treino com cargas adicionais. O protocolo teve uma duração total de 24 minutos. Os resultados indicaram que a intensidade em MET foi moderada para ambos os géneros (homens - 3.9; mulheres – 4.2 MET) embora, ao nível do dispêndio calórico, não se possa considerar que tenham atingido uma quantidade moderada essencial à promoção da saúde (homens – 135.2 kcal; mulheres – 81.7 kcal). Uma quantidade moderada de atividade física equivale a despendar aproximadamente 150 – 200 kcal mais do que o DE normal diário, enquanto uma atividade física de intensidade moderada é a que causa um dispêndio de 3 – 5,9 MET (ACSM, 2009; USDHHS, 1996).

Num outro estudo semelhante, Phillips e Ziuraitis (2004) aplicaram o mesmo protocolo em pessoas idosas. O resultado obtido relativamente à intensidade expressa em MET situou-se nos parâmetros de moderada e não diferiu entre homens e mulheres. Já atividade física foi de insuficiente quantidade moderada, tanto para homens como mulheres. Estes resultados demonstram, segundo estes autores, que o custo energético deste tipo de TFM, diferente das características do TFM em circuito, de natureza mais contínua, pode ser caracterizado de intensidade moderada em METs, embora seja necessária a realização de séries adicionais para que este tipo de treino possa causar um benefício na saúde semelhante às atividades de *endurance*.

Poehlman e col. (2002) observaram o efeito do treino aeróbio e do TFM durante 24 semanas, numa amostra de mulheres pré-menopausicas. Os resultados não mostraram alterações no Índice de Massa Corporal (IMC), no peso corporal e na massa gorda nos dois grupos de treino (aeróbio e TFM) e no grupo de controlo. As mulheres que realizaram o TFM, no entanto, foram as únicas que registaram incrementos na MIG quando comparando com o grupo de controlo. Já no que respeita ao VO₂máx, o grupo do TFM não registou alterações. Apesar dos aumentos significativos na força muscular, no grupo do treino com cargas, o DE

total não sofreu alterações. Os benefícios na melhoria energética resultantes do treino com cargas, segundo os autores, são provavelmente de curta duração e derivam principalmente do custo energético direto da atividade física e não de uma elevação crónica no DE diário nas mulheres jovens.

Num estudo realizado com jovens do sexo masculino, todos com experiência prévia em TFM e EA e com treino regular (3-6 dias semana) Bloomer (2005) pretendeu comparar o dispêndio, e a resposta fisiológica de um exercício de TFM (agachamento) e um EA (Cicloergómetro) de equivalente tempo total e intensidade relativa. Apesar da média percentual do VO_2 máx. e do 1RM, mantida durante as sessões de cicloergómetro e o agachamento, respetivamente, se terem desviado ligeiramente dos valores inicialmente planeados de 70%, o valor médio e total do VO_2 máx., em adição ao dispêndio calórico, foi maior durante o cicloergómetro do que nos agachamentos, como era esperado. O trabalho total realizado foi maior durante o cicloergómetro do que no agachamento. No entanto, quando comparado o trabalho realizado por minuto de exercício completado, o *output* durante o agachamento foi superior ao obtido durante o EA. Perante tais resultados, os autores concluíram que, o custo energético de um EA de duração e intensidade moderada, excede o custo de um igual TFM, quando as duas formas estão igualadas para o tempo total e intensidade relativa. De salientar que, uma vez que a percentagem média do VO_2 máx. excedeu, ligeiramente, os 70% planeados, enquanto que a percentagem média de 1 RM foi, na verdade, mais baixa que o planeado, é possível que a diferença verificada no DE (441 vs. 269 kcal, respetivamente) tenha sido maior que o que deveria ser se os sujeitos realizassem ambos à mesma intensidade. Apesar disso, é provável que o EA contínuo resultasse num DE maior, comparando com o exercício intermitente de TFM, quando ambos são realizados à mesma intensidade e duração, devido à maior solicitação de massa muscular. Os resultados obtidos sugerem que, um TFM de duração moderada tem potencial para ir de encontro às guias orientadoras do ACSM (2009) e do *Surgeon General* (USDHHS, 1996) para a atividade física e DE. Para a população do estudo as kcal despendidas aproximaram-se do mínimo exigido de 150/200 kcal. A presente investigação adicionou à literatura, demonstrando, que o TFM, usando um movimento pluriarticular como o agachamento com pesos

livres, e intervalos de repouso normalmente prescritos para o treino hipertrófico, pode permitir um DE substancial.

As investigações realizadas no âmbito do TFM e do seu impacto metabólico são apresentadas na tabela 1, em conjunto com as investigações no âmbito do exercício aeróbio e do treino em circuito, que serão descritas posteriormente, para melhor compreensão das alterações provocadas por cada uma das formas de exercício.

Tabela 1 – Comparação de estudos que analisaram as alterações no metabolismo durante uma sessão de EA, de TFM ou concorrente

Tipo de Exercício	Autores	Amostra	Volume	Intervalo	Intensidade	Séries até exaustão	Duração da Sessão	Variáveis Metabólicas
TFM	Wilmore e col. (1978)	N= 40 (20 homens e 20 mulheres) Idade= 17 a 36 anos	TFM – 3 séries 10 exercícios; 15 a 18 reps (30 seg.)	15 segundos entre exercícios	40% RM	Nenhuma	22,5 Minutos	FC – 134.8 bat.min ⁻¹ (71.8% do máximo) e VO ₂ – 1.50 l.min ⁻¹ (38.6% do máximo), DE – 7.5 kcal.min ⁻¹
TFM	Hempel e Wells (1985)	N= 10 homens	TFM – Circuito Nautilus Express – 1 série 14 exercícios; 8-12 reps	Para mudar de equipamento		Nenhuma	21,6 Minutos	VO ₂ – 1.54 l.min ⁻¹ (38.2% máximo) FC – 148.3 bat.min ⁻¹ (77.2% do máximo), DE – 7.8 kcal.min ⁻¹
TFM	Ballor (1987)	N= 13 homens idade média = 23.62 anos	TFM – Equipamento hidráulico; 1 série 7 exercícios em 3 velocidades (alta-baixa-média)	30 seg. Trabalho – 30 seg. Repouso no aparelho em cada velocidade; 60 seg para troca de aparelho		Nenhuma	24,5 Minutos	FC – 153,8 bat.min ⁻¹ (81,2% do máx na passadeira) VO ₂ – 1,93 L.min ⁻¹ (41,4% do máx na passadeira) DE – 9.75 kcal.min ⁻¹
TFM	Pichon, C. E., G. R. Hunter, e col. (1996)	N= 8 (5 homens e 3 mulheres) Idade= 27.25 ± 4.3 anos	TFM: 2 séries 30 seg; 4 exercícios; 10 reps (TFM tradicional) 2 séries 60 segundos; 4 exercícios; 20 reps (TFM circuito)	TFM tradicional – 90 seg entre séries TFM circuito – 30 segundos	69% RM (TFM tradicional) 47% RM (TFM circuito)	Nenhuma	Fazer contas	FC - 135.3 ± 15.6 bat.min ⁻¹ TFM circuito FC - 120.4 ± 15.0 bat.min ⁻¹ (TFM tradicional) DE - 53.4 ± 20.8 kcal / 4.86 ± 1.9 kcal.min ⁻¹ (TFM circuito) DE - 49.8 ± 22.6 kcal / 4.5 ± 2.0 kcal.min ⁻¹ (TFM tradicional)
TFM	Binzen, C. A., P. D. Swan, e col. (2001)	N= 10 mulheres Idade= 29 ± 3 anos	TFM – 3 séries, 10 exercícios; 10 reps	1 minuto entre séries	TFM – 70%	Nenhuma	45 Minutos	VO ₂ – 30.9 ± 2.9 L O ₂ DE – 155 kcal
TFM	Thornton, M. K. e J. A. Potteiger (2002)	N= 14 mulheres Idade= 26.8 ± 5.0	TFM – 2 séries 9 exercícios Int. Baixa – 15 reps Int. Elevada – 8 reps	60 segundos entre séries	Int. Baixa – 45% de 8RM Int. Elevada – 85% de 8 RM	nenhuma	Int. Baixa – 26 minutos Int. Elevada – 23 minutos	DE: Int. Baixa – 71.7 ± 7.1 kcal Int. Elevada – 63.7 ± 7.0 kcal
TFM	Phillips e col. (2003)	N= 12 (6 homens e 6 mulheres) Idade= 26.7 ± 3.8 anos	TFM – 1 série 8 exercícios; 15 reps	2 minutos entre séries		Nenhuma	24 minutos	MET – homens 3.9 ± 0.4; mulheres 4.2 ± 0.6 DE - homens – 135.2 ± 16.3 kcal; mulheres – 81.7 ± 11.1 kcal
TFM	Hunter, G. R., D. Seelhorst, e col. (2003)	N= 7 homens Idade= 24.3 ± 3.8 anos	TFM: TSL – 1 série 10 exercícios; 8 reps TT – 2 séries 10 exercícios; 8 reps		TSL – 25% 1RM TT – 65% 1RM	Nenhuma	TSL e TT – 29 minutos	DE: TSL – 116 ± 22 kcal TT – 172 ± 29 kcal
TFM	Gotshalk, L. A., R. A. Berger, e col. (2004)	N= 11 homens; idade = 20.1 ± 1.9 anos	TFM – 4,6 circuitos; 10 exercícios; 10 reps	2 – 5 segundos entre exercícios	40% RM	Não tem dados	Não tem dados	não tem dados
TFM	Phillips, W. T. e J. R. Ziuraitis (2004)	N= 10 (5 homens e 5 mulheres) Idade= 73.1 ± 5.5	TFM – 1 série 8 exercícios; 15 reps	2 minutos entre séries		Nenhuma	24 minutos	MET – homens - 3.3 ± 0.7; mulheres – 3.0 ± 0.6 DE – homens - 84.2 ± 14.6 kcal; mulheres – 69.7 ± 17.4 kcal

Tabela 1 (continuação) – Comparação de estudos que analisaram as alterações no metabolismo durante uma sessão de EA, de TFM ou concorrente

Tipo de Exercício	Autores	Amostra	Volume	Intervalo	Intensidade	Séries até exaustão	Duração da Sessão	Variáveis Metabólicas
EA	Sedlock, D. A., J. A. Fissinger, e col. (1989).	N= 10 homens Idade= 26.0 ± 6.3 anos	Cicloergómetro: - intensidade elevada curta duração (EC) - intensidade baixa; curta duração (BC) - intensidade baixa; longa duração (BL)		EC – 75% VO ₂ máx BC/BL – 50% VO ₂ máx	Nenhuma	EC – 19.9 ± 1.3 min BC – 29.6 ± 2.3 min BL – 59.2 ± 4.5 min	EC – 304 ± 5 kcal BC – 307 ± 4 kcal BL – 611 ± 14 kcal
EA e TFM	Burleson, M. A., Jr., H. S. O'Bryant, e col. (1998).	N= 15 homens Idade= 22.7 ± 1.6 anos	Passadeira – 27 minutos à intensidade média do VO ₂ do TFM TFM – 2 séries 8 exercícios	Passadeira – contínuo TFM – 45 segundos exercício e 60 segundos intervalo	Passadeira – VO ₂ semelhante ao obtido no TFM = 45% TFM – 60% 1 RM	Nenhuma	Passadeira - 27 minutos TFM – 27 minutos	Passadeira – 1,55 Lmin ⁻¹ TFM – 1,58 Lmin ⁻¹
EA e TFM	Melanson, E. L., T. A. Sharp, e col. (2002)	N= 10 homens Idade= 31 ± 7 anos	Cicloergómetro – contínuo TFM – 4 séries de 10 exercícios		Cicloergómetro – 70% VO ₂ máx TFM – 70% 1RM	Série 4 até exaustão	Cicloergometro – 49 ± 7 min TFM – 60 min	DE – cicloergómetro - 546 ± 16 kcal – 11.19 ± 0.41 kcal.min ⁻¹ TFM - 448 ± 21 kcal – 6.05 ± 0.31 kcal.min ⁻¹
EA e TFM	Bloomer, R. J. (2005)	N= 10 homens Idade= 24.3 ± 3.8 anos	Agachamento e reps Cicloergometro – sessões separadas	Cicloergómetro – contínuo TFM – intermitente (90-120 seg entre séries).	Cicloergómetro – 70% VO ₂ máx TFM – 70% 1RM	Nenhuma	30 minutos cada	DE – cicloergómetro = 441; TFM = 269 kcal
EA , TFM, e Concorrente	Drummond, M. J., P. R. Vehrs, e col. (2005)	N= 10 homens Idade= 26 ± 0.9 anos	TFM – 3 séries em 7 exercícios Passadeira – contínuo TFM-Passadeira – circuito contínuo Passadeira-TFM – circuito contínuo.	TFM – 105 segundos entre séries e exercícios 5 minutos entre o TFM e Passadeira	TFM – 70% 1RM Passadeira – 70% VO ₂ máx	Nenhuma	TFM – Passadeira – 25 min TFM-Passadeira –..... Passadeira-TFM –.....	FC: TFM – 142 ± 7.0 bat.min ⁻¹ TFM-Passadeira – 140 ± 9.0 bat.min ⁻¹ Passadeira-TFM – 144 ± 5.0 bat.min ⁻¹
Concorrente	Presente estudo	N= 10 raparigas adolescentes Idade= 14	Treino concorrente – aeróbio + TFM; 2 passagens contínuas – 10 min passadeira-TFM- 15 min passadeira-TFM TFM – 8 exercícios, 20 RM	30 seg entre exercícios	Passadeira – 75% FCmáx TFM – 20 RM	Nenhuma	55 ± 1.7 minutos	DE – 221 ± 21.56 kcal MET – 5.38 ± 0.54

2.2 Treino da Força em Circuito

Vários são os estudos nos quais se analisou o DE e o impacto fisiológico do treino em circuito. Wilmore e col. (1978), registaram valores de 134.8 bat.min⁻¹ de FC (71.8% do máximo) e 1.50 l.min de VO₂ (38.6% do máximo), correspondendo a um DE médio de 7.5 kcal.min⁻¹. Hempel e Wells (1985) mediram o DE num circuito Nautilus Express tendo sido observados valores de 1.54 l.min⁻¹ para o VO₂ (38.2% máximo) e 148.3 bat.min⁻¹ para a FC (77.2% do máximo), solicitando um dispêndio médio de 7.8 kcal.min⁻¹. Ballor e col. (1987), obtiveram respostas metabólicas superiores às investigações anteriores que utilizaram outras formas de circuito, que não o circuito hidráulico por eles utilizado. O DE obtido nos estudos supracitados foi 23% e 20% inferior, respetivamente, ao estudo realizado por Ballor, e col. (1987). O estímulo desse protocolo correspondeu a cerca de 69% da FCmáx de reserva (FCmáxR), indo de encontro ao recomendado pelo ACSM como estímulo aeróbio de treino (50-80% FCmáxR) enquanto a média do VO₂ (41% do máximo) ficou abaixo dos níveis recomendados, situação que também foi observada nos estudos anteriores. Apesar disso, o autor refere que, basta realizar um TFM no equipamento hidráulico durante aproximadamente 31 minutos para fazer face a essas demandas metabólicas (300 kcal/dia). Em termos de DE foi registado um valor de 9.75 kcal.min⁻¹. durante os 24.5 minutos de duração do circuito de exercícios.

O treino em circuito tem sido caracterizado pelo uso de cargas ligeiras (40% a 60% de 1 RM) e curtos períodos de descanso entre exercícios (Gotshalk e col., 2004).

Utilizando um protocolo de TFM em circuito com estudantes universitário do sexo masculino, Gotshalk e col. (2004), tentaram determinar o nível de *stress* cardiovascular de um TFM em circuito contínuo. Os resultados mostraram que, durante o TFM em circuito, o VO₂ aproximou-se dos 50% do máximo após a realização de 1,6 circuitos. Durante o resto do protocolo os valores de VO₂ estiveram sempre nos 50% ou acima deste. O treino em circuito evidenciou um claro *stress* fisiológico nos indivíduos. Registaram-se valores superiores a 70%

da FC_{máx} durante 16,6 minutos, com os últimos 12 minutos a mais de 80% da FC_{máx}. Os valores de FC foram superiores aos do consumo de O₂, não se tendo registado uma relação linear, ao contrário do que acontece nos protocolos contínuos, como na passeadeira. Na perspetiva dos autores, o TFM em circuito, apesar de não proporcionar o mesmo estímulo que o treino típico cardiovascular, proporciona um trabalho com uma solicitação muito alta em termos metabólicos e cardio-respiratórios para muitos grupos musculares. No entanto, o TFM apresenta benefícios cardiovasculares semelhantes aos alcançados na realização de um protocolo aeróbio, só que estes situam-se apenas ao nível da diminuição da FC e da pressão arterial (PA) durante as atividades que envolvam a elevação de objetos, ou caminhar enquanto se realizam esforços isométricos, e não em termos de consumo de oxigénio. Estas alterações são a base para uma melhoria na capacidade funcional, observada essencialmente em doentes coronários (Goldberg, e col., 1994).

Num estudo, já referido anteriormente, de Pichon e col. (1996), no qual se comparou a resposta metabólica de um TFM tradicional e um TFM em circuito, foi observado que o treino em circuito era mais exigente em termos metabólicos que o TFM tradicional apresentando valores de FC significativamente maiores (135 bat.min⁻¹ vs 120 bat.min⁻¹). O DE total foi igualmente superior no TFM em circuito face ao TFM tradicional (53 kcal vs 50 kcal). Devido à natureza do TFM em circuito, que permite a realização de um maior número de repetições e um tempo de intervalo entre exercícios menor, o DE será sempre superior ao observado no TFM tradicional.

2.3 Treino Aeróbio

De acordo com Poehlman e col. (2002), o treino de características aeróbias não provoca alterações ao nível do peso corporal, da massa gorda, e do IMC. Num estudo com duração de 24 semanas os investigadores apenas registaram alterações ao nível do VO₂_{máx}, no grupo que realizou treino aeróbio, com um aumento de 18%. Ao nível da MIG, apenas o grupo que realizou TFM registou incrementos. Apesar do aumento no consumo de oxigénio, não foram registadas

alterações no DE total, pelo que os benefícios na melhoria energética resultantes do treino aeróbio ou com cargas, segundo os autores, são provavelmente de curta duração e derivam principalmente do custo energético direto da atividade física e não de uma elevação crónica no DE diário nas mulheres jovens.

Bloomer (2005), num estudo já referido anteriormente, com jovens sexo masculino, pretendeu comparar o dispêndio, em kcal, e a resposta fisiológica de um exercício de TFM (agachamento) e um EA (Cicloergómetro) de equivalente tempo total (30 minutos) e intensidade relativa (70%). Apesar da média percentual do $\text{VO}_2\text{máx.}$ (73%), mantida durante as sessões de cicloergómetro se ter desviado ligeiramente dos valores inicialmente planeados de 70% para o $\text{VO}_2\text{máx.}$, o valor médio e total do $\text{VO}_2\text{máx.}$, em adição ao dispêndio calórico, foi maior durante o cicloergómetro do que nos agachamentos, como era esperado. O trabalho total realizado foi maior durante o cicloergómetro do que no agachamento.

O valor médio do Quociente Respiratório (QR) foi maior durante o TFM (1.03 vs. 0.94) comparando com o exercício no cicloergómetro. Perante tais resultados, os autores concluíram que, o custo energético de um EA de duração e intensidade moderada excede o custo de um igual TFM, quando as duas formas estão igualadas para o tempo total e intensidade relativa.

2.4 Treino Concorrente

O DE do treino concorrente resulta do somatório de dois tipos de exercícios distintos. O EA, de natureza contínua e realizado em *steady state*, e os exercícios de TFM, de característica intermitente. As duas formas de exercício solicitam fontes energéticas diferentes para produção de energia, resultando da natureza das mesmas, e também da solicitação de quantidades diferentes de massa muscular, originando DE e consumos de O_2 diferenciados. O DE do treino concorrente, no entanto, não foi ainda muito estudado, e não deverá ser resultado do simples somatório do DE de duas formas de exercício que o compõem.

O impacto metabólico, após o exercício, do treino concorrente parece ser diferente ao observado no EA e de TFM isolados. Segundo Drummond e col. (2005), a sequência com que os modos de exercício (EA ou TFM) são apresentados na sessão de treino, tem influência na magnitude e duração do EPOC, e consequentemente no DE.

Tal situação foi observada por Pinto (2007), num estudo estudo longitudinal onde foram comparados 3 programas de exercício (Aeróbio, Força e Misto). Nesse estudo o DE líquido do treino misto foi superior tanto nas fases de exercício aeróbio, como no de força, comparando com as mesmas fases dos protocolos aeróbios e de força isoladamente. Tal constatação demonstra que a associação do EA e de TF numa mesma sessão de treino parece ocasionar um impacto metabólico significativamente superior. O autor refere ainda que a associação dos dois tipos de treino no protocolo misto provocou um incremento significativo do DE durante os circuitos de força desse protocolo (aproximadamente 20%), possivelmente derivado de uma maior densidade desses exercícios de força como também pela execução anterior do EA. Esta observação indica claramente que o protocolo misto é mais vantajoso em termos metabólicos.

3. Taxa Metabólica de Repouso e o Exercício

A TMR inclui o custo de manter os sistemas integrados do corpo e a temperatura corporal em repouso. Constitui a energia necessária para manter o gradiente dos eletrólitos, para suportar o trabalho cardiovascular e pulmonar em repouso, e para providenciar energia usada pelo SNC e outras reações químicas e, como foi referido anteriormente, é influenciada por diversos fatores tais como, a idade, o género, o tamanho e composição corporal, a temperatura corporal, a concentração de hormonas termogénicas, e o nível de aptidão física (Poehlman, 1989).

Com o avançar da idade surge um declínio do DE total. Esse declínio é resultado de uma diminuição na TMR, no DE da atividade física, e no efeito térmico dos alimentos (Lemmer e col., 2001).

A preservação da MIG, composta por todos os tecidos sem gordura, incluindo músculos, ossos, órgãos e tecido conjuntivo, é importante para manter as funções normais do músculo-esquelético, e a integridade da massa óssea, e da TMR. Por essa razão, a quantidade total de massa muscular, é um fator de extrema importância associado à TMR. (Conley e Rozenek, 2001).

Segundo Mazzeo e Tanaka (2001), uma perda gradual dessa massa muscular é, consistentemente, encontrada com o avançar da idade tanto que, aos 50 anos de idade existe uma redução de cerca de 10 % da área muscular total. Após os 50 anos de idade, a taxa de massa muscular perdida acelera significativamente. Na sexta e sétima década de vida a força muscular declina cerca de 15%, e cerca de 30% nas restantes décadas.

A massa muscular por si só contribui com cerca de 22% para a TMR. Consequentemente, qualquer ganho ou perda de MIG pode potencialmente alterar a TMR de um indivíduo (Alexander, 2002).

A TMR e o DE da atividade física contam para cerca de 90% do DE total logo, qualquer intervenção que consiga aumentar estes dois componentes do DE poderá ser útil em restaurar o balanço energético e prevenir o aumento da adiposidade, em especial nos idosos.

Segundo Poehlman (1989), é possível que uma sessão de treino possa ter um efeito prolongado na TMR, efeito que, provavelmente, estará dependente da intensidade e duração da sessão de exercício. Este fator pode contribuir para o custo energético total de uma sessão de exercício (durante e após o exercício).

Tem sido demonstrado que, imediatamente após uma atividade física a síntese proteica fica diminuída ou retorna aos valores pré-exercício. No entanto, sabe-se que, algumas horas após o exercício essa mesma síntese aumenta e fica elevada durante mais de 24 horas. A síntese proteica é dispendiosa em termos energéticos, sendo por isso razoável especular que o custo energético associado a uma acelerada taxa de síntese proteica, no estado pós-exercício, possa contribuir para uma TMR superior.

Uma vez que o TFM já foi definido como um instrumento importante para a prevenção da sarcopénia, e de quedas nos idosos, e por causa do seu potencial para aumentar a MIG, que está associado a um aumento na TMR entre os idosos, o seu uso será uma intervenção ideal para aumentar a TMR e o DE da atividade física (Lemmer, Ivey e col., 2001). O TFM pode aumentar significativamente a TMR através do aumento da MIG, do aumento das catecolaminas plasmáticas, e através de efeitos agudos ou pós-exercício.

Citando um estudo de Pratley e col. (1994), sobre o efeito do TFM na TMR e os níveis de noradrenalina em homens idosos, os resultados sugeriram que o TFM aumenta os níveis plasmáticos de catecolaminas, resultando num contributo para o aumento da TMR.

Através do aumento da TMR, o TFM pode contribuir para aumentar o DE diário, causar um balanço energético negativo, e por isso aumentar a perda de peso. (Alexander, 2002).

Para Hass e col. (2001), o TFM é a melhor forma disponível para manter e aumentar a MIG e melhorar a força e resistência muscular. Para além disso, existem cada vez mais evidências que sugerem que o TFM pode melhorar, significativamente, muitos dos fatores de saúde associados à prevenção de doenças crónicas.

Melby e col. (1993), realizaram um estudo com 13 homens utilizando dois protocolos de TFM. Os resultados obtidos referentes à TMR mostraram uma elevação significativa, 15 horas após o exercício, quando comparada com os valores obtidos na manhã anterior ao exercício, no protocolo 1 (2110 vs. 1930 kcal) e no protocolo 2 (2000 vs 1910 kcal). As elevações registaram um aumento médio de 9.4% e 4.7% em termos calóricos (kcal) ao que foi registado na manhã anterior ao exercício, para ambos os protocolos.

Resultado semelhante encontrou Treuth e col. (1995), após aplicação de um protocolo de TFM de 3 dias por semana, durante 16 semanas, em 13 mulheres idosas. Neste estudo foi observado um aumento significativo de 9,1% após o

TFM. Segundo os autores deste estudo, estes resultados vão de encontro as alterações alcançadas na TMR para os exercícios de treino de características aeróbias. Foi observado, simultaneamente, um incremento de 47% e 66% na força dos membros superiores e inferiores, respetivamente. Apesar de não se terem verificado alterações significativas no peso, percentagem de massa gorda, e MIG, verificou-se um aumento significativo na secção transversal da coxa de 9,4%. Assumindo que esta medida é um indicador da massa muscular total, os autores afirmam que, o aumento da TMR nas mulheres estudadas é, em parte, explicado pelo aumento da massa muscular.

Num outro estudo realizado por Treuth e col. (1998), com jovens raparigas obesas, as quais integraram um protocolo de TFM 3 vezes por semana, durante 5 meses, observou-se um aumento na TMR no grupo de exercício após o treino. Também no grupo de controlo, a TMR aumentou significativamente ao longo do tempo a partir dos valores iniciais. No entanto, quando a TMR foi ajustada para as alterações na MIG ou peso, as alterações já não foram significativas. Levando a entender, de acordo com os autores, que os incrementos, observados em ambos os grupos, parecem ser resultado das alterações, significativas, que ocorreram na MIG e no peso resultantes do avançar da idade e crescimento ao longo dos 5 meses do estudo. Este estudo indicou que um TFM de baixo volume, em raparigas obesas pré-pubertárias, pode aumentar a força mas não melhora significativamente o DE.

Hunter e col. (2000), estudaram também os efeitos do TFM no DE na população idosa. Utilizando um protocolo de TFM, os autores observaram que, a TMR aumentou significativamente em 6,8%. A MIG também sofreu um incremento significativo de 2 kg ao longo das 26 semanas. O rácio da TMR face à MIG também se encontrou elevado após o treino, indicando que a TMR que aumentou significativamente mais que a MIG. Os autores deste estudo observaram ainda que o TFM, em idosos, está associado a um aumento do DE total. Esse incremento foi grande (963 kJ/dia) e ainda se manteve após o DE total ser ajustado para o custo energético estimado do treino com cargas. O aumento do DE total esteve associado a aumentos no DE repouso e na atividade física. Não foram encontradas diferenças entre homens e mulheres ao

nível das alterações relacionadas com o treino e o DE. No entanto, esse não era o intuito do estudo para além de que, a amostra era pequena (7 homens e 8 mulheres) e não existia grupo de controlo.

Num estudo, levado a cabo por Lemmer e col. (2001), foi estudado o efeito do TFM na TMR, na atividade física, e na composição corporal, comparando os géneros e a idade. Utilizando uma amostra de 40 indivíduos distribuídos por 4 grupos organizados em função da idade, nomeadamente, homens jovens (idade 20 – 30 anos), mulheres jovens (20 – 30 anos), homens velhos (65 – 75 anos), e mulheres velhas (65 – 75 anos), foi aplicado um protocolo de TFM durante 24 semanas, com uma frequência semanal de 3 dias. Relativamente à TMR, observou-se que, as alterações ocorridas em resposta ao TFM são afetadas pelo género e não pela idade. Os resultados mostraram incrementos significativos de 7% na TMR absoluta, quando os sujeitos foram analisados em conjunto. Esse aumento foi principalmente custeado pelos 9% de incremento significativo na TMR no grupo dos homens, contrastando com os aumentos não significativos no grupo das mulheres. Tanto os homens novos como os velhos registaram incrementos de 7% na TMR absoluta. Todos os grupos registaram um aumento significativo na MIG em resposta ao TFM, pelo que esta parece estar associada ao aumento da TMR. Por essa razão seria de esperar também, um aumento significativo na TMR nas mulheres, situação que não ocorreu neste estudo. Os autores explicam tal facto pelas possíveis diferenças na atividade do SN simpático em resposta ao TFM, nas mulheres, que não foi alvo de avaliação neste estudo. No entanto, Poehlman e col. (2002), encontraram um aumento significativo na TMR absoluta num grupo (n=20) de mulheres jovens não obesas, sujeitas a um TFM. A MIG não registou alterações no grupo de treino aeróbio ou controlo, mas aumentou significativamente nas mulheres que fizeram treino com cargas comparando com o grupo de controlo. A TMR não se alterou significativamente quando ajustada para a MIG.

Comparando uma sessão de EA com uma sessão de TFM, de igual intensidade relativa e duração, relativamente à TMR, Jamurtas e col. (2004), observaram que em ambas as formas de exercício se registaram valores significativamente elevados após o treino durante, pelo menos, 24 horas. O TFM apresentou

valores significativos na TMR 10 e 24 horas após a conclusão do exercício. Também no EA se deu um incremento significativo 10 e 48 horas após o exercício. Ambas as formas de exercício tiveram uma duração de 60 minutos e uma intensidade relativa de 70-75 %.

4. O Exercício e o *Excess Post-exercise Oxygen Consumption*

Existem duas componentes envolvidas no custo energético total da atividade física. Uma componente é a energia despendida durante a própria atividade física, suportando todas as necessidades energéticas necessárias, e representa a maioria do dispêndio calórico. A segunda componente, habitualmente denominada de EPOC (*Excess Post-exercise Oxygen Consumption* ou em português Excesso de Consumo de Oxigênio Pós-exercício), é a energia despendida durante o período de recuperação pós exercício enquanto a taxa metabólica permanece elevada acima dos valores de repouso pré exercício (Sedlock e col., 1989; Binzen e col., 2001).

Após o exercício, o VO_2 não retorna imediatamente aos valores de repouso, podendo apresentar valores superiores aos níveis de repouso durante um certo período de tempo. Originalmente, o aumento do VO_2 após o exercício era explicado pela hipótese do débito de oxigênio. Esta base teórica referia que o aumento do VO_2 , após o exercício, era necessário para repor o *déficit* de oxigênio ocorrido após o início do exercício, atribuindo o débito de oxigênio à remoção oxidativa do lactato. Este conceito foi modificado sugerindo-se que o débito de oxigênio consistia numa componente lática, causada pela síntese de glicogênio através do lactato, e uma componente alática, relacionada com outros fatores. A componente lática foi considerada como sendo a componente lenta. No entanto, a causalidade implicada pelo termo “débito de oxigênio” é contrária ao que atualmente se conhece acerca do mecanismo bioquímico subjacente ao aumento do metabolismo pós-exercício. Por essa razão Gaesser e Brooks (1984) introduziram o termo neutro de causalidade “*excess post-exercise oxygen consumption*” (EPOC), que também inclui o aumento prolongado do VO_2 que pode ser observado durante horas após o exercício (Borsheim e Bahr, 2003).

Qualquer tipo de atividade física produz uma elevação no VO_2 seguido de EPOC, após a conclusão do exercício (Sedlock e col., 1989). As estimativas sobre a duração do EPOC variam desde os 10 minutos e as 48 horas (Murphy e Schwarzkopf, 1992).

Os exercícios de grande intensidade parecem perturbar a homeostasia de uma forma superior aos exercícios de baixa intensidade, resultando em mais energia usada na recuperação. Isto sugere que, os exercícios anaeróbios, em virtude dos exercícios de elevada intensidade envolvidos, irão requerer mais energia e, talvez, um período de maior duração para a recuperação. O TFM é uma forma de exercício anaeróbio de elevada intensidade utilizada entre os atletas e o público em geral (Burleson e col., 1998). O TFM pode aumentar o DE diretamente através do exercício, e indiretamente pelo aumento da massa muscular, e pelo aumento do DE pós exercício. Estudos que investigaram o exercício de alta intensidade, comparando-o com os de baixa intensidade, e/ou exercícios intermitentes, comparando-os com os exercícios contínuos, têm reportado consistentemente um maior EPOC nos exercícios de alta intensidade e intermitentes. O nível mais pronunciado do EPOC, a componente rápida, ocorre dentro do período de 10 minutos após o exercício (Thornton e Potteiger, 2002; Borsheim e Bahr, 2003). Embora as causas precisas desta resposta não estejam ainda perfeitamente conhecidas, provavelmente alguns fatores que contribuem para tal incluem: a restauração do ATP muscular e das reservas de fosfocreatina; reabastecimento das reservas de O_2 no sangue e músculos; redistribuição dos iões compartimentais (aumento da atividade da bomba sódio-potássio); reparação dos tecidos, temperatura e FC aumentadas, e também, de certa forma, a remoção de lactato. As atividades de alta intensidade, comparando com as de baixa intensidade, podem causar uma resposta maior durante a componente rápida do EPOC devido a uma maior utilização do sistema energético anaeróbio, e a uma maior ineficiência de trabalho durante o exercício. Níveis elevados do SN simpático podem também contribuir para uma taxa metabólica elevada pós-exercício. (Thornton e Potteiger, 2002).

Sedlock e col. (1989), num estudo sobre a efeito da intensidade e duração de um EA, concluíram que o EPOC é afetado pela intensidade e duração do exercício, ou seja, pela magnitude do distúrbio homeostático causado pelo exercício. Utilizando um cicloergómetro Monark foram aplicados 3 protocolos distintos em termos de intensidade e duração em 10 triatletas masculinos. Concluiu-se que a intensidade do exercício influencia tanto a magnitude como a duração do EPOC, enquanto a duração do exercício apenas influencia a duração do EPOC. Uma outra conclusão a que os autores chegaram foi que, a duração do EPOC e o consequente gasto calórico, não está necessariamente relacionado, uma vez que o protocolo de alta intensidade e curta duração (75%, 20 min) produziu um EPOC superior (~ 6 L oxigénio) ao protocolo de baixa intensidade e longa duração (~ 2.5 L oxigénio). Borsheim e Bahr (2003), numa revisão sobre o EPOC afirmaram que, nos EA, a magnitude do EPOC é claramente dependente da duração e intensidade do exercício, existindo uma relação curvilínea entre a magnitude do EPOC e a intensidade do exercício. Pelo menos no cicloergómetro, parece que intensidades acima dos 50-60% do $\text{VO}_2\text{máx}$ são necessárias de forma a induzir um EPOC que dure várias horas.

A relação entre a duração do exercício e a magnitude do EPOC parece ser mais linear, especialmente em intensidades elevadas. Ainda de acordo com os autores, os danos musculares são mais prováveis de ocorrer após exercícios de carácter excêntrico do que após exercícios concêntricos, e é possível que isso influencie o EPOC. No que respeita ao EA, ainda não está claro que o modo de exercício (passadeira ou cicloergómetro) afete o EPOC.

Elliot e col. (1992), realizaram um estudo no qual compararam um TFM em circuito, um TFM com cargas elevadas, e o exercício no cicloergómetro. Foi observado que, todas as formas de exercício abordadas aumentaram a taxa metabólica após o exercício. Em ambos os protocolos de TFM esse aumento ainda era significativo 30 minutos após o esforço. Apesar do TFM com cargas elevadas ter registado um dispêndio calórico, durante a atividade, significativamente inferior ao registado no TFM circuito e ao cicloergómetro, esse mesmo tipo de treino registou, à semelhança do TFM em circuito, valores de EPOC significativamente superiores aos observados no cicloergómetro. É

opinião dos autores que os esforços dinâmicos não são necessários para aumentar o EPOC, e que, a quantidade total de massa muscular exercitada, é uma variável adicional a ter em conta quando se relaciona o EPOC ao exercício.

Comparando dois tipos de TFM distintos, o TFM em circuito e o TFM normal, e os seus efeitos sobre o EPOC, Murphy e Schwarzkopf (1992) reportaram que, o TFM em circuito, origina uma maior magnitude e duração no EPOC. O rácio trabalho:repouso era de 1:1 no TFM em circuito, e 1:5 no TFM normal, originando um tempo total de trabalho superior no TFM normal. Os resultados, como foi dito anteriormente, indicaram uma magnitude, no EPOC, significativamente maior no TFM em circuito. A duração do EPOC no TFM em circuito (20 minutos) foi também significativamente maior em relação ao TFM normal (15 minutos). Em termos de dispêndio calórico, em resultado do EPOC, o TFM em circuito foi maior do que o TFM normal (24.9 kcal vs. 13.5 kcal). Segundo os autores, tais diferenças na magnitude e duração do EPOC, entre os dois tipos de protocolos utilizados, pode estar relacionado com o rácio trabalho:repouso. Um maior período de repouso irá permitir que o lactato, o ATP e CP, e a temperatura corporal, retornem parcialmente, ou totalmente, aos valores pré-exercício.

Relativamente ao TFM e ao EPOC, Melby e col. (1993), num estudo já referido anteriormente, compararam dois protocolos de TFM e concluíram que, o EPOC se manteve elevado 2 horas após a realização de ambos os protocolos, originando um gasto calórico médio de 34 kcal durante esse período.

Gillette e col. (1994), examinaram o DE pós-exercício em homens, dos 22 aos 35 anos, em reposta a uma sessão de TFM, e uma sessão de EA, num cicloergómetro, a 50% do VO_2 máx. Os valores de QR não foram diferentes, excepto na primeira hora de recuperação, após o TFM. A TMR medida 14,5 horas após o exercício, para o TFM, esteve significativamente elevada, quando comparada com o grupo de controlo. Para os autores, estes resultados sugerem que, o TFM intenso, resulta num EPOC superior ao observado num EA, em *steady-state*, de custo energético estimado similar.

Burleson e col. (1998), compararam, também, um TFM em circuito (2 circuitos de 8 exercícios a 60% de 1 RM realizando 8 – 12 repetições) e um exercício, de características aeróbias, na passadeira (27 minutos a 45% do VO_2 máx.). O TFM foi realizado primeiro e, a média do VO_2 , foi utilizada para determinar a intensidade do exercício na passadeira. O EPOC foi considerado superior após o TFM nos primeiros 30 minutos, mas não nos 60 e 90 minutos precedentes. Apesar de o VO_2 ser equivalente, o TFM foi considerado como sendo uma atividade de maior intensidade do que o EA, o que pode explicar o EPOC mais elevado após o TFM. Uma vez que foi utilizada a calorimetria indireta, foi difícil comparar o TFM com um exercício em *steady-state*.

O exercício anaeróbio, particularmente o TFM, pode perturbar a homeostasia num grau superior aos exercícios aeróbios em *steady-state*. Dois fatores, em particular, podem estar relacionados com o consumo energético aumentado, relativamente ao observado em função de EA típicos. Estudos sobre o treino com cargas indicam que as perturbações hormonais, particularmente as catecolaminas, cortisol, e GH (hormona do crescimento), podem ser substanciais, especialmente se as repetições por série forem grandes (> 5), e os períodos de repouso entre séries forem iguais, ou inferiores, a 1 min. É possível também que, os estímulos, e o tecido danificado para a hipertrofia muscular, resultante do treino com cargas, possa ser suficiente para contribuir para o aumento da energia necessária á recuperação. (Burleson e col., 1998).

Num estudo realizado com mulheres não obesas, através da aplicação de um protocolo de TFM, Binzen e col. (2001), relataram um consumo de O_2 adicional de 6.2 L durante as 2 horas após o exercício, correspondendo a uma elevação de 18.6% face aos valores de controlo. No entanto, essa elevação do VO_2 só foi significativa relativamente aos valores de controlo ao minuto 5, 30 e 60.

Thornton e Potteiger (2002), realizaram um estudo, também com mulheres, no qual se pretendeu comparar o EPOC em dois protocolos de TFM de intensidades diferentes mas volumes iguais. Foi utilizado um protocolo de intensidade elevada (85% de 8 RM), com duração de 23 minutos, e outro de intensidade reduzida (45% de 8 RM), com duração de 26 minutos. Durante o

exercício não se encontraram diferenças significativas no consumo de O_2 , o que já era esperado devido ao igual volume de trabalho. Os valores de EPOC durante os períodos de medição (0-20 min, 45-60 min, e 105-120 min) foram sempre significativamente superiores para o protocolo de elevada intensidade. O DE do EPOC foi de 11.0 ± 1.9 kcal, para o protocolo mais intenso, e de 5.5 ± 1.3 kcal, para o protocolo menos intenso. A principal conclusão a que os autores chegaram foi que o EPOC é superior num TFM de intensidade elevada, comparando-o com um de baixa intensidade, quando as duas sessões possuem igual volume, apesar de produzirem um consumo de O_2 similar.

Para além dos fatores que já foram referidos, como possíveis de alterar a magnitude e duração do EPOC, outros também o podem fazer. Segundo Borsheim e Bahr (2003), fatores como o estado de treino e o género, influenciam o EPOC, na medida em que, no primeiro caso os indivíduos treinados parecem retomar os níveis de repouso, após o exercício, de uma forma mais rápida, e as mulheres podem sofrer alterações no DE durante o ciclo menstrual. No entanto, em ambos os casos, são necessários mais estudos. Drummond e col. (2005), referem que um outro fator susceptível de influenciar o EPOC é a sequência com que os modos de exercício (EA ou TFM) são apresentados na sessão de treino. Ao compararem as respostas fisiológicas de 4 sessões de treino distintas (TFM; EA; TFM-EA; EA-TFM) aplicadas em 10 sujeitos do sexo masculino, pode-se observar que durante os primeiros 10 minutos após o exercício, a sessão de TFM ($5.8 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) e EA-TFM ($5.7 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) apresentavam um consumo de O_2 pós exercício significativamente elevado para além do observado no TFM-EA ($5.1 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) e EA ($4.7 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$), com o TFM-EA significativamente maior do que só no EA, mas foram os mesmos aos 20 minutos (4.36 e $4.4 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) respetivamente. Aos 20 e 30 minutos pós exercício, o VO_2 do TFM apresentava-se significativamente elevado, quando comparado com o do EA. Segundo os autores, durante o TFM-EA, o EA, conhecido por aumentar o fluxo sanguíneo para os músculos ativos aumentando assim o metabolismo oxidativo, pode ter atuado como um período de recuperação, durante o qual o sistema metabólico foi capaz de se aproximar dos níveis de *steady-state*, reduzindo a magnitude do EPOC. Explicação idêntica é avançada para o facto do EPOC, após o TFM, ter sido semelhante ao da EA-TFM (5.77 e $5.70 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$,

respetivamente). Estes dados suportam a ideia que a combinação de exercício de EA-TFM resulta num DE maior do que a sequência oposta.

A conclusão a que chegaram, fase aos dados recolhidos, foi que, realizar o EA antes do TFM, resulta num EPOC maior do que a sequência inversa. No entanto, o protocolo de TFM gerou um EPOC maior do que todos os outros protocolos, pelo que, os exercícios de força parecem ser o fator primário envolvido em determinar a magnitude do EPOC.

5. O Exercício Físico e a Oxidação de Substrato Energético durante o EPOC

Vários estudos têm examinado o efeito metabólico do exercício. Por exemplo, o EA e o TFM podem originar uma elevada oxidação lipídica, durante o período de recuperação, que, por sua vez, está associada a um incremento na atividade do SN simpático (Jamurtas e col., 2004).

Sabe-se que, à medida que a intensidade do exercício aumenta, a contribuição dos lípidos, como fonte de combustível, diminui, originando uma maior dependência na utilização dos hidratos de carbono durante o exercício. Logo, a realização de exercícios intensos de TFM está dependente do metabolismo anaeróbio da fosfocreatina e glicogénio para fornecimento de energia, levando a uma depleção das reservas de glicogénio. Durante a recuperação de exercícios que resultam na depleção de glicogénio, os lípidos tornam-se a fonte predominante de combustível, indicando uma mudança para uma oxidação lipídica elevada enquanto se dá uma reposição dos hidratos de carbono a serem utilizados para a resíntese do glicogénio. (Binzen e col., 2001)

A relação entre o CO₂ produzido e O₂ consumido fornece informação importante relativa à composição dos nutrientes catabolizados para a produção de energia durante o repouso e o exercício. Devido às diferenças químicas estruturais apresentadas, os hidratos de carbono e as gorduras têm QR diferentes. O QR para os hidratos de carbono é igual a 1,00 por possuir trocas gasosas

equivalentes, ou seja, por serem produzidas um número de moléculas de dióxido de carbono igual ao número de moléculas consumidas de oxigênio. Em geral, o valor do QR para a gordura é considerado como sendo 0,70. O valor geral para o QR da proteína é de 0,82. Qualquer fator não diretamente relacionado com a combustão dos nutrientes, mas que influencie o consumo de O₂ ou a produção de CO₂, pode resultar em valores “mascarados”. É frequente, por exemplo, num esforço intenso observar-se valores de QR superiores a 1,00 durante o exercício e, valores de QR inferiores a 0,7 durante a recuperação (McArdle e col., 1992).

Melbyl e col. (1993), num estudo já referido anteriormente, com homens, observaram num dos seus protocolos um QR significativamente mais baixo na manhã após o exercício, refletindo uma oxidação lipídica maior, em resultado de um TFM.

Num estudo envolvendo mulheres idosas, no qual realizaram um programa de TFM de caráter geral durante 16 semanas, Treuth e col. (1995), pretenderam, entre outros, observar qual a utilização do substrato energético 24 horas antes e depois do treino através de calorimetria indireta. Deste estudo, os autores puderam observar que se registou um incremento significativo na área muscular da coxa, isto apesar de não se terem verificado alterações significativas na massa corporal. Ocorreu também um aumento significativo de 47% na força dos membros superiores e, um aumento de 66% na força dos membros inferiores. O DE de repouso aumentou significativamente 9,1% após o treino. Relativamente à oxidação do substrato energético, em repouso e 24-horas, estes foram alteradas com o programa de treino. Os valores 24-horas revelaram aumentos significativos na oxidação lipídica e, decréscimos na oxidação dos hidratos de carbono e das proteínas (QR diminuiu – 0,90 vs. 0,82), revelando um aumento significativo na oxidação lipídica nas 24 h.e, um decréscimo na oxidação dos hidratos de carbono. Observou-se ainda um incremento significativo na oxidação lipídica (93%) e um decréscimo na oxidação dos carboidratos (84%). De acordo com os mesmos, o estudo demonstrou também que, o TFM pode aumentar o DE em repouso e aumentar a oxidação lipídica em mulheres idosas saudáveis.

Resultado idêntico foi obtido por Hunter e col. (2000), num estudo realizado com homens e mulheres idosos. Após 26 semanas de TFM, foram observadas reduções significativas na percentagem de gordura corporal (3,4%) e na massa gorda (3,1 kg), e um aumento significativo na MIG (2 kg) e na força dos membros superiores e inferiores. Após o treino registou-se uma diminuição significativa do QR em repouso (0.86 para 0.83). Estes resultados sugerem que o treino com cargas pode ter valor no aumento do DE e na taxa de oxidação lipídica nos idosos, melhorando assim o seu perfil metabólico.

Binzen e col. (2001), também registaram um incremento da oxidação lipídica nas 2 horas após um TFM, em mulheres moderadamente treinadas. Utilizando uma análise de gases, através de calorimetria indireta, observou-se que o EPOC de 2 horas registou um consumo de 6.2 L acima dos valores de repouso, correspondendo a uma elevação de 18.6% face ao período de controlo. O QR esteve significativamente abaixo dos valores do QR de controlo do minuto 30 ao minuto 120 (QR = 0.75 vs controlo = 0.85). Durante os últimos 30 minutos de recuperação, o VO_2 e o lactato sanguíneo, tinham já retornado aos valores de base e, a oxidação lipídica estava significativamente elevada após o TFM, comparando os valores com o grupo de controlo. Estes dados indicam que, em mulheres jovens treinadas em TFM, as respostas agudas ao TFM produzem um incremento modesto no VO_2 durante 2 horas de período de recuperação e incrementa a oxidação lipídica.

O mesmo resultado não foi obtido por Melanson e col. (2002). No estudo realizado por estes, no qual se analisou o efeito do EA e do TFM na oxidação dos nutrientes em 24 horas, foi observado que o exercício em cicloergómetro e um treino em circuito, com exercícios de TFM, produzem um efeito similar no DE 24-h e na oxidação de nutrientes, em homens adultos. A demanda durante o exercício foi primariamente suportada pelo incremento na oxidação dos carboidratos e, no final, nenhum dos dois tipos de exercício produziu um incremento na oxidação lipídica nas 24 h acima do observado num dia do grupo de controlo sem exercício. Foi também descoberto que, incrementos similares no DE 24-h são alcançados no EA e no TFM, com os incrementos a ocorrerem durante o exercício e imediatamente no período pós-exercício.

Num estudo com o objetivo de aceder às alterações no DE em repouso e à oxidação lipídica 10, 24, 48 e 72 horas após uma série única de levantamento de pesos e EA, Jamurtas e col. (2004), submeteram jovens do sexo masculino a 60 minutos de exercício, ambos prescritos para serem realizados à mesma intensidade. Ambas as formas de exercício resultaram num aumento significativo do DE repouso 10 horas após o exercício, comparando com os valores iniciais. Ainda se manteve elevado 24 e 48 horas após o TFM e o EA, respetivamente. Não foram registadas alterações significativas ao longo do tempo no DE repouso na sessão de controlo.

Uma explicação alternativa para um elevado DE de repouso após uma série única de exercício pode ser devido a uma mudança de substrato energético. A avaliação indireta realizada neste estudo demonstrou, através do QR, uma clara mudança para a utilização dos lípidos. O QR estava significativamente baixo do que os valores iniciais, 10 e, 24 horas após o exercício para ambos os tipos de exercício. Segundo os autores esta descida no QR está associada a um aumento da utilização lipídica no período de recuperação, o que normalmente é um indício da tentativa do corpo em repor as reservas de glicogénio gastas. Estes dados indicam uma mudança na utilização do substrato energético promovendo a oxidação lipídica, após os dois tipos de exercício realizados. O aumento no DE e os níveis de oxidação lipídica durante a recuperação do exercício podem desempenhar um papel importante nos regimes de controlo da massa corporal.

6. O Treino em Jovens.

6.1 Treino da Força Muscular

Durante muitos anos, o TFM não era frequentemente recomendado a crianças e adolescentes por duas razões. Primeiro, porque se acreditava que o esqueleto imaturo das crianças, e em especial dos adolescentes, estava mais propenso a lesões (Falk e Tenenbaum, 1996; Faigenbaum e col., 1996) e a possíveis interferências no processo de crescimento. Segundo, porque se reivindicava que o TFM para crianças, e em especial para jovens pré-pubertários, não era eficaz

(Falk e Tenenbaum, 1996), devido aos níveis insuficientes de androgéneos circulantes (Faigenbaum e col., 1996).

Em 1979 foi reportado que mais de metade das 35512 lesões no “*weightlifting*”, que requereram tratamento nas emergências hospitalares, envolveram jovens dos 10 aos 19 anos e, um registo de 1987 revelou que 8590 crianças com cerca de 14 anos foram transportadas para as emergências hospitalares devido a lesões relacionadas com o “*weightlifting*”. Estes dados provenientes dos registos do NEISS (*national electronic injury surveillance system*), no entanto, não distinguem entre lesões associadas ao TFM e aquelas associadas aos desportos competitivos de *powerlifting* e *weightlifting* (Faigenbaum e col., 2009).

As lesões mais comuns reportadas pelo NEISS, associadas ao TFM, eram as contraturas e lesões nos ligamentos (distensões), embora também tenham sido referenciadas lesões mais graves como, fraturas epifisárias, e lesões da zona sacro-lombar. De facto, muitas das lesões reportadas eram na verdade causadas por falta de treino, cargas excessivas, equipamento inadequado, acesso livre ao equipamento, ou à falta de supervisão qualificada por parte de adultos. Geralmente, o risco de lesão associado ao TFM é semelhante em crianças e adultos mas, uma área de tradicional preocupação nas crianças é, a potencial lesão induzida pelo treino à epífise, ou placa de crescimento, dos ossos longos. A epífise é o elo fraco no esqueleto do jovem porque a força da cartilagem é menor do que a do osso. Em alguns casos, a lesão desta área do osso pode causar a fusão da epífise, resultando na deformação do membro e/ou a cessação do crescimento desse membro.

O TFM em crianças, como em qualquer outro tipo de atividade física, acarreta algum grau de risco de lesão músculo-esquelética. Contudo, o risco não é maior do que o existente em muitos dos desportos (Faigenbaum e col., 1996; Falk e Tenenbaum, 1996) ou atividades recreacionais (Sallis e Patrick, 1994; Faigenbaum e col., 1996) nas quais as crianças regularmente participam e, não colocam em perigo de forma permanente, e em anos vindoros, o sistema músculo-esquelético (Sallis e Patrick, 1994), ou a saúde cardiovascular (Bernhardt e col., 2001). O risco inerente ao TFM pode ser minimizado através

da supervisão próxima por adultos, de instrução adequada, da seleção cuidadosa do equipamento de treino, e da concepção de programas de treino adequados (Faigenbaum e col. 1996) evitando os movimentos balísticos (Falk e Tenenbaum, 1996).

Embora a maioria dos estudos pediátricos se foque nas atividades que melhoram a aptidão cardio-respiratória, descobertas recentes indicam que o treino com cargas pode oferecer benefícios únicos a crianças e adolescentes, quando prescrito e supervisionado de forma apropriada. O treino com cargas pode melhorar o perfil de risco cardiovascular, facilitar o controlo de peso, fortalecer os ossos, melhorar o bem-estar psico-social, melhorar a prestação motora, e aumentar a resistência dos atletas jovens às lesões relacionadas com o desporto (Faigenbaum e col., 2009).

A resposta aguda da PA ao TFM é descrito como sendo semelhante entre crianças e adultos. Por outro lado, o TFM sub-máximo tem sido demonstrado como responsável pela diminuição da PA em adolescentes hipertensos. O TFM é reponsável pelo aumento na densidade mineral óssea. A massa óssea desenvolve-se rapidamente durante a adolescência, e a atividade física nos adolescentes pode ter um papel importante na redução do risco de osteoporose, mais tarde na vida, através da melhoria do pico de massa óssea. Os adolescentes ativos possuem uma saúde esquelética melhor do que os seus pares menos ativos na maior parte dos ossos testados. Os ossos devem ser submetidos, individualmente, a *stress* para aumentar a massa óssea, pelo que, atividades que impliquem o suporte de pesos, devem ser recomendadas frequentemente ou de preferência diariamente. Atividades aeróbias e anaeróbias vigorosas da natureza de suporte de cargas, assim como treino da força com cargas, parecem ser eficazes na promoção de uma boa saúde óssea (Sallis e Patrick, 1994; Yu e col., 2005).

A prevenção de lesões, em adultos, tem no TFM uma estratégia eficaz e, mecanismos semelhantes podem ajudar a decrescer a prevalência de lesões também em jovens através do fortalecimento das estruturas de suporte (ligamentos, tendões e ossos), na melhoria da capacidade dos músculos

treinados para absorver mais energia antes do colapso, e no desenvolvimento do equilíbrio muscular à volta de uma articulação específica. Ao nível do TFM existem também registos de que o treino com cargas moderadas e muitas repetições têm uma influência favorável no perfil lipídico sanguíneo dos jovens pré-pubertários, tendo sido registados resultados semelhantes em adoelescentes (Faigenbaum e col., 1996).

Para além dos benefícios referidos a atividade física, em geral, e o TFM, em particular, pode também ter um efeito positivo sobre o bem-estar psicosocial dos jovens pré-pubertários e adolescentes, embora ainda não existam evidências científicas inequívocas (Sallis e Patrick, 1994; Faigenbaum e col., 1996).

Um dos benefícios mais visíveis e característicos do TFM é a melhoria na força muscular, como demonstram os resultados de muitos estudos ao registarem melhorias entre os 13 e os 30% na força em resultado do treino (Falk e Tenenbaum, 1996). Este benefício reveste-se de maior importância uma vez que, a força muscular dos membros superiores e a sua resistência local, são considerados componentes importantes dos fatores relacionados com a saúde nas crianças (Faigenbaum e col., 2001).

Um estudo realizado por Blimkie e col. (1989), com crianças, determinou a eficácia de um TFM intenso e o contributo das adaptações neuromusculares e da hipertrofia muscular em relação ao desenvolvimento da força após o treino. Utilizando um treino em circuito, os investigadores concluíram que, este tipo de treino, melhorou de forma significativa a força para 1 RM no supino e na flexão do cotovelo, como também a força voluntária máxima isométrica dos flexores do cotovelo em rapazes pré-pubertários. De realçar que, os aumentos na força registados foram independentes das alterações na secção transversal do músculo dos membros superiores. Os incrementos na força foram devido a melhorias na ativação das UM, e à ativação de UM específicas, e outras adaptações neurológicas ao treino.

Ramsay e col. (1990) também registaram ganhos na força em jovens rapazes pré-pubertários. O TFM, em circuito, aplicado durante 20 semanas, resultou em incrementos significativos no 1RM do supino (34.6%) e da prensa de pernas (22.1%). Apesar de terem sido observados incrementos significativos na força, à semelhança do estudo anterior, estes foram independentes das alterações na secção transversal dos músculos. Os ganhos na força foram atribuídos a uma tendência para um aumento da ativação das UM, a uma melhor habilidade na coordenação motora, e a uma outra adaptação neurológica geral e indeterminada ao treino.

Com adultos, o TFM resulta em adaptações nervosas que permitem uma melhoria do padrão da ativação das UM. Isto é particularmente evidente durante as primeiras semanas do programa de TFM (Ozmun e col., 1994).

Num outro estudo (Ozmun e col., 1994), com crianças de ambos os géneros, o TFM foi também responsável por um incremento significativo de 27,8% na força isocínética e 22,6%, na força isotónica, face ao grupo de controlo. Este estudo utilizou um único exercício (flexão do cotovelo) com pesos livres. Através da análise de registos de eletromiografia (EMG), os autores observaram ainda, incrementos significativos na atividade nervosa dos resultados pré-teste para o pós-teste nos indivíduos treinados (16,8%), face ao grupo de controlo, que podem refletir uma melhoria no recrutamento das UM, ou um aumento da frequência de disparo das UM. Apesar dos dados limitados, as crianças parecem assemelhar-se aos adultos na habilidade de ativação da UM, ou seja, refletem padrões de adaptação nervosa semelhantes. Pela análise às pregas cutâneas e circunferência do braço, observaram que o TFM não causou um aumento estatisticamente significativo no tamanho e composição do braço, indiciando que a hipertrofia do músculo não acompanhou os ganhos de força. Logo, para os autores desta investigação, os resultados obtidos providenciam uma evidência que, em crianças pré-pubertárias, as adaptações neurológicas desempenham um papel importante no desenvolvimento da força muscular após participação num programa de TFM.

Em pré-adolescentes, um TFM apropriado pode aumentar a força sem aumentar simultaneamente a hipertrofia muscular. Tais ganhos podem ser atribuídos à “aprendizagem” muscular, no qual o treino aumenta o número de moto-neurónios que serão ativados com cada contração muscular (Bernhardt e col., 2001).

Faigenbaum e col. (1996), observaram também ganhos na força num outro estudo com duração de 8 semanas, mas com a realização de 2 exercícios (extensão do joelho e supino) e apenas 2 vezes por semana. As 24 crianças, rapazes e raparigas, com idades entre os 7-12 anos (estádios 1 e 2 na escala de Tanner de maturação sexual) obtiveram incrementos significativos na força de 6 RM na extensão do joelho e no supino (53% e 41,1%, respetivamente), correspondendo a um aumento médio de 47,3%. Os ganhos de força face ao grupo de controlo foram de 6,4 e 9,5%, respetivamente. Segundo os autores, este aumento foi consistente, ou superior, às respostas típicas a um programa de treino de 3 dias por semana. No mesmo estudo foi ainda observado que, após 8 semanas de destreino existiu um decréscimo significativo na prestação na extensão do joelho (-28,1%) e no supino (-19,3%). A magnitude das perdas de força durante o período de destreino foi em média de 3,0% por semana. Estes resultados, segundo os autores, confirmam as descobertas de outros estudos, envolvendo adultos e crianças, que reportaram decréscimos na força após a cessação de vários programas de treino da força.

Após 5 meses de TFM, 3 vezes por semana, Treuth e col. (1998), observaram, também, em 11 raparigas obesas, pertencentes ao grupo de treino, um aumento de 19.6% no 1 RM do supino, e 20,0% de aumento no 1 RM da prensa de pernas face ao grupo de controlo. A força isométrica dos extensores do joelho aumentou em 35.2%. Através da densitometria radiológica de dupla energia (DXA) foi possível ainda observar incrementos significativos na MIG, ao longo do tempo, em ambos os grupos. No entanto, existiram diferenças significativas entre os dois grupos para o peso, altura, percentagem de gordura corporal, e MIG.

Num estudo de maior duração, Sadres e col. (2001), examinaram o efeito de 2 anos letivos (9 meses de treino 3 meses de destreino, e 9 meses de treino), em que se realizaram principalmente exercícios de força muscular, na força muscular, crescimento linear, no auto conceito, monotorizando a taxa de lesões durante este programa, em rapazes pré-pubertários (60 rapazes, idades 9-10 anos). Durante o período que se realizou o estudo, o grupo experimental foi, significativamente mais forte em todas as medições de força ao longo de todo o estudo, quando comparado com o grupo de controlo. De acordo com os autores, este facto pode ser decorrente da primeira avaliação ter sido realizada 3 semanas após o início do programa de treino.

Os ganhos na força foram significativamente maiores no grupo experimental face ao grupo de controlo (extensão joelho 83% vs 79%; flexores joelho 63% vs 57%, respetivamente). O ganho em altura, ao longo do estudo, foi similar no grupo experimental e de controlo, o que reflete que o TFM ao longo dos 2 anos letivos não teve qualquer efeito deterimental no crescimento esquelético. Este estudo envolveu uma intensidade baixa a moderada (média de 50% de 1RM no primeiro ano, e 60% de 1RM no segundo ano).

A principal descoberta deste estudo foi que, os 21 meses de TFM progressivo, em rapazes pré-pubertários, resultaram em incrementos significativos na força muscular sem nenhum deterimento no crescimento linear.

Faigenbaum e col. (2002), compararam as respostas de 1 e 2 dias de TFM por semana, na força superior, e força inferior, em crianças (idades 7-12 anos). Foi prescrita uma sessão de TFM uma e duas vezes por semana durante oito semanas. A sessão consistiu na realização de 12 exercícios, com 2 minutos de intervalo, realizando 10-15 repetições em forma de circuito, durante 30 a 40 minutos. Os resultados indicaram que apenas as crianças que participaram no TFM 2 vezes por semana obtiveram incrementos mais significativos no 1 RM do supino, comparando com o grupo de controlo (11.5 e 4.4% respetivamente). Todas as crianças que realizaram treinos 1 e 2 vezes por semana obtiveram ganhos na força do 1 RM na prensa de pernas (14.2 e 24.9%, respetivamente), os quais foram significativamente maiores do que os ganhos obtidos pelo grupo

de controlo (2.4%). Os ganhos ocorridos no grupo de controlo deveram-se provavelmente ao crescimento, maturação e, efeito de aprendizagem. Para os autores, estas descobertas suportam o conceito de que a força muscular pode ser melhorada durante a infância e, favorecem a inclusão do treino de força, 2 vezes por semana, para crianças que participam num programa de TFM introdutório.

Apesar dos efeitos do TFM na prestação desportiva serem contraditórios, durante o período pré-pubertário e adolescência, foram registadas melhorias em habilidades motores selecionadas em crianças após programas de TFM (Faigenbaum e col., 1996).

6.2 Treino Aeróbio (Resistência)

Com o aumento do envolvimento de jovens crianças no desporto de competição têm surgido muitos estudos sobre a resposta cardio-respiratória das crianças ao treino de resistência. Existiram muitas restrições metodológicas e experimentais que limitaram o aprofundar dos estudos nesta área e tornaram as comparações entre estudos difíceis. No entanto, foram realizados suficientes progressos experimentais permitindo retirar algumas conclusões o impacto do treino aeróbio em crianças. As crianças treinadas exibem valores de VO_2 máx superiores às crianças não treinadas. Estas diferenças estão presentes independentemente da idade das crianças, mas são mais pronunciadas, em muitos casos, nas crianças mais velhas. Os programas de exercício que são de suficiente intensidade, frequência e duração conduzem a melhorias na capacidade cardio-respiratória. O nível mínimo e óptimo de intensidade, frequência e duração ainda não foi identificado. A maioria da corrente literatura assume que as crianças respondem ao treino de resistência de forma similar à dos adultos. Este ponto necessita de mais confirmações. A idade do nível de maturação durante o qual o exercício exerce o seu maior efeito no sistema cardio-respiratório não foi ainda claramente identificada. (Vaccaro e Mahon, 1987).

Como foi referido anteriormente, a capacidade das crianças pré-pubertárias para melhorar a sua capacidade aeróbia, através do treino aeróbio, é controversa, e os estudos realizados têm demonstrado resultados divergentes (Rowland, 1985). No entanto, para a população adulta, as linhas orientadoras com o objetivo de melhorar a aptidão cardiovascular, estão bem estabelecidas. O ACSM (2009) define que as atividades físicas contínuas (aeróbia) envolvendo grandes grupos musculares, realizadas com uma determinada frequência (3-5 vezes por semana), duração (15-60 min), e intensidade (60-90% FCmáx) são necessárias para melhorar o $\text{VO}_2\text{máx}$ na população adulta.

Segundo Rowland, (1985), após a realização de uma análise crítica sobre as respostas aeróbias ao treino de resistência em crianças pré-pubertárias, os programas de treino, em crianças, falham em demonstrar benefícios na capacidade aeróbia. Esses mesmos estudos não se orientaram pelos padrões de treino dos adultos. Por outro lado, apesar de existirem fraquezas nos estudos experimentais, os programas de treino utilizados em crianças que se orientam pelos parâmetros da prescrição utilizados na população adulta mostram, muitas vezes, melhorias no $\text{VO}_2\text{máx}$ semelhantes aos observados nos adultos. Dos estudos observados pelo autor, com crianças pré-pubertárias, que cumpriram com os padrões de treino praticados em adultos, 6 em 8 desses estudos, demonstraram uma melhoria significativa na potência aeróbia, resultante do treino. Pelo contrário, os estudos que não seguiram esse padrão para aumento do $\text{VO}_2\text{máx}$ falharam em demonstrar essa melhoria. Até à data, o conhecimento existente acerca de programas de treino, com o objetivo de melhorar a potência aeróbia em crianças, deve incorporar exercícios de intensidade e duração de acordo com o critério estabelecido para adultos.

Comparando diversos protocolos de treino (contínuo e intervalado) em jovens, Poole e Gaesser (1985), observaram que, qualquer um dos protocolos aumentou de forma significativa o $\text{VO}_2\text{máx}$, não se tendo registado diferenças estatisticamente significativas entre os grupos. Foi observado também que o Limiar de Lactato (LL) aumentou em todos os grupos, assim como o Limiar Ventilatório (LV). No entanto, o incremento no LV, no grupo que realizou treino intervalado (10 x 2 min. a 105% $\text{VO}_2\text{máx}$, int. 2 min.) foi significativamente maior

ao dos observados nos grupos de treino contínuo (55 min. a 50% $\text{VO}_2\text{máx}$ e 35 min. a 70% $\text{VO}_2\text{máx}$). O grupo que realizou o treino contínuo mais longo, e a uma intensidade mais reduzida (50% $\text{VO}_2\text{máx}$) registou um aumento pós treino no LL significativamente maior do que o incremento no LV. Para os investigadores, tanto o exercício contínuo como o intervalado, realizados 3 vezes por semana durante 8 semanas, são métodos eficientes para aumentar o LL, no entanto o treino intervalado foi mais efetivo em aumentar o LV, refletindo a importância da intensidade do exercício para a melhoria desse parâmetro fisiológico.

Também utilizando um protocolo de treino aeróbio (contínuo e intervalado) de 8 semanas Mahon e Vaccaro (1989), observaram um incremento de 7.5% no $\text{VO}_2\text{máx}$ em crianças. Foi também observado um aumento no LV, definido como o ponto em que, durante um exercício progressivo, a ventilação pulmonar começa a aumentar desproporcionalmente em relação ao aumento concomitante no $\text{VO}_2\text{máx}$., utilizado muitas vezes como um sinónimo do Limiar Anaeróbio (LA), em cerca de 19%. Tais ganhos no LV em crianças, segundo os investigadores, só são possíveis se elas forem submetidas a um processo de treino aeróbio de frequência, intensidade e duração suficientes.

Observando o impacto do treino intervalado na capacidade aeróbia e capacidade anaeróbia em crianças do sexo masculino Rotstein e col. (1986), registaram aumentos de 7% e 8% no $\text{VO}_2\text{máx}$, em termos absolutos e relativos, respetivamente, após a aplicação de um programa de treino intervalado durante um período de 9 semanas, e através da aplicação de um teste de laboratório para avaliação da capacidade anaeróbia (Wingate), foi igualmente observado um aumento nos índices da capacidade anaeróbia. Um aumento, significativo, foi também observado na velocidade de corrida face ao LA (velocidade de corrida no ponto de inflexão na curva de acumulação de lactato), mas em termos relativos (% do $\text{VO}_2\text{máx}$), o LA decresceu aproximadamente 4.4%. Face a estes resultados foi possível constatar que o treino adequado pode melhorar a potência aeróbia máxima e a capacidade anaeróbia em rapazes pré adolescentes. No entanto, foi ainda possível observar que as medições do LA são menos sensíveis ao regime de treino do que o $\text{VO}_2\text{máx}$.

Rowland e Boyajian (1995), também registaram um aumento no consumo máximo de oxigénio de 6.5%, após a aplicação, durante 12 semanas, de atividades aeróbias (30 min; 3 x semana) em crianças de ambos os sexos.

As respostas cardiovasculares ao treino de características aeróbias foram avaliadas por Obert e col. (2003). Após 13 semanas de treino foram observados aumentos no $\text{VO}_2\text{máx}$, que foram resultado de um aumento do VS máximo, nas crianças de ambos os géneros. Esse aumento no $\text{VO}_2\text{máx}$ foi de maior proporção nos rapazes que nas raparigas (+ 15% vs + 8%), devido apenas a um maior incremento no VS máximo (+ 15% vs + 11%). Durante o exercício máximo foi ainda observado um decréscimo na resistência vascular periférica, provavelmente indicando uma resposta cardiovascular periférica adaptativa, que poderá, também, ter tido um papel importante no aumento do $\text{VO}_2\text{máx}$. Independentemente do género ficou a observação, segundo os investigadores, de que o treino aeróbio aumenta o $\text{VO}_2\text{máx}$ nas crianças, mediado apenas por uma melhoria no VS máximo.

7. Recomendações para a Atividade Física nos Jovens

A atividade física confere uma proteção significativa face às doenças crónicas, tais como, as doenças cardiovasculares e a diabetes não insulino-dependentes, e também porque parece reduzir os risco de osteoporose e alguns cancros. Para além disso contribui ainda para a qualidade de vida e saúde psicológica, assim como para a capacidade de realizar trabalho físico e atividades de lazer.

A aptidão aeróbia está fortemente relacionada com a mortalidade total nos adultos. Assim sendo, os adolescentes deveriam de se envolver em atividades físicas regulares (de preferência diárias). Benefícios adicionais da aptidão aeróbia podem ser alcançados com atividade física moderada a vigorosa, isto é, um mínimo de 3 dias por semana durante um mínimo de 30 minutos por sessão a uma intensidade de 75% da FCmáxR (Sallis e Patrick, 1994).

Sallis e Patrick (1994), afirmam também que, para melhorar a saúde psicológica, a generalidade da população adolescente de rapazes e raparigas deveriam participar em atividades aeróbias 3 vezes por semana, durante 20 minutos a uma intensidade de 70% FCmáx. Segundo estes, efeitos significativos são obtidos após 10 a 15 semanas de treino.

Existem linhas orientadoras que providenciam a quantidade adequada de atividade física para a manutenção da saúde para a população geral de adolescentes. A quantidade óptima de atividade física não é conhecida.

Uma das linhas orientadoras refere, como já foi dito anteriormente, que todos os adolescentes devem ser fisicamente activos diariamente, ou quase todos os dias. Devem fazer uma variedade de atividades físicas como parte do seu estilo de vida diário. Essas atividades devem ser agradáveis, devem envolver uma variedade de grupos musculares, e devem incluir atividades de suporte de pesos. A intensidade e duração da atividade é provavelmente menos importante do que o facto de ser dispendida energia e que o hábito de uma atividade diária seja estabelecido. As atividades de suporte de pesos diárias, mesmo de curta duração, durante a adolescência, são críticas para melhorar o desenvolvimento ósseo que afeta a saúde do esqueleto ao longo da vida. O gasto energético substancial é esperado que reduza o risco de obesidade e outros fatores positivos para a saúde que ainda não foram documentados.

Uma segunda linha orientadora indica ainda que os adolescentes devem participar em 3 ou mais sessões por semana que durem 20 minutos, ou mais, de cada vez, e que as mesmas requeiram esforços de intensidade moderada a vigorosa. Atividades moderadas a vigorosas são aquelas que requerem pelo menos tanto esforço como marcha rápida. Uma diversidade de atividades que utilizem grandes grupos musculares é recomendada (ex: marcha acelerada, *jogging*, subir escadas, basquetebol, treino da força, entre outras).

A participação em atividades desta natureza durante a adolescência melhora a saúde psicológica, aumenta o colesterol das HDL, e aumenta a aptidão cardio-respiratória (Sallis e Patrick, 1994).

Deve-se ter em consideração que o treino aeróbio deve estar associado ao treino de força se os objetivos forem a saúde em geral (Guy, J. A. e Micheli, L. J., 2001).

Relativamente ao TFM, o ACSM (2009) e o NSCA (2002) recomendam o uso de TFM em crianças e adolescentes. O ACSM (2009) recomenda o uso deste tipo de treino 2 vezes por semana, realizando 1 a 2 séries de 8 a 10 exercícios diferentes, 8 a 12 repetições por série, incluindo todos os principais grupos musculares. Segundo Bernhardt e col. (2001), e Guy, J. A. e Micheli, L. J. (2001), para que se alcancem ganhos na força, o trabalho desenvolvido deve ter uma duração mínima de 20 a 30 minutos, realizado num mínimo 2 a 3 vezes por semana, efetuando 8 a 15 repetições. O programa de treino deve sofrer um incremento gradual da carga e dever durar pelo menos 8 semanas para que haja ganhos na força. Os exercícios deverão incidir em todos os grupos musculares, incluindo os músculos do CORE, e ser executados em toda a amplitude do movimento em cada articulação. Para Faigenbaum e col. (1996), é recomendável, dependendo do objetivo do treino (força ou resistência muscular), realizar 1 a 3 séries de 6 a 15 repetições executadas em 2 a 3 dias não consecutivos por semana.

Capítulo III – Metodologia

1. Introdução

A realização da investigação a que se refere este documento pressupõe o cumprimento, e aplicação de determinadas premissas para que se atinjam os objetivos a que nos propusemos, de uma forma válida e objetiva. Os procedimentos incluem a conceção experimental do estudo, onde se indicam os passos tomados em termos temporais das diferentes fases do estudo, a seleção e caracterização da amostra, no que respeita à escolha e caracterização dos sujeitos, a descrição e caracterização da sessão de treino, na componente aeróbia e de força, os procedimentos de avaliação e recolha de dados e o equipamento utilizado, os procedimentos de análise, das variáveis respiratórias recolhidas, as variáveis alvo de análise neste estudo, os instrumentos e equipamentos utilizados, e por fim a análise estatística, onde se incluem os instrumentos estatísticos utilizados para análise.

2. Conceção Experimental do Estudo

Selecionados os elementos da amostra, tendo em consideração os carateres sexuais, foram efetuadas as avaliações antropométricas e da composição corporal, do consumo máximo de oxigénio, e determinação do 1 RM e 20 RM, necessárias à implementação do estudo.

As variáveis foram avaliadas segundo uma ordem previamente estabelecida de forma a se conjugar com a disponibilidade das jovens e do espaço físico onde foram feitas as avaliações. No primeiro dia foi determinado o 1RM para todos os exercícios constantes na componente de TFM do protocolo. De seguida foram realizadas as avaliações antropométricas (Estatura e Massa Corporal) e da composição corporal através do Densitometria Radiológica de Dupla Energia (DXA), após as quais se efetuou a determinação do consumo máximo de oxigénio através de um teste de esforço máximo. Dois dias depois,

aproximadamente, foi determinado o 20 RM para cada um dos exercícios de TFM a realizar durante o protocolo. Uma semana depois, aproximadamente, foi aplicado o protocolo de treino concorrente. Nessa mesma sessão foi determinada a Taxa Metabólica de Repouso e o EPOC. Cada uma destas avaliações será, posteriormente, descrita de uma forma mais pormenorizada.

O desenho experimental do estudo pode ser observado de forma resumida na figura 1.

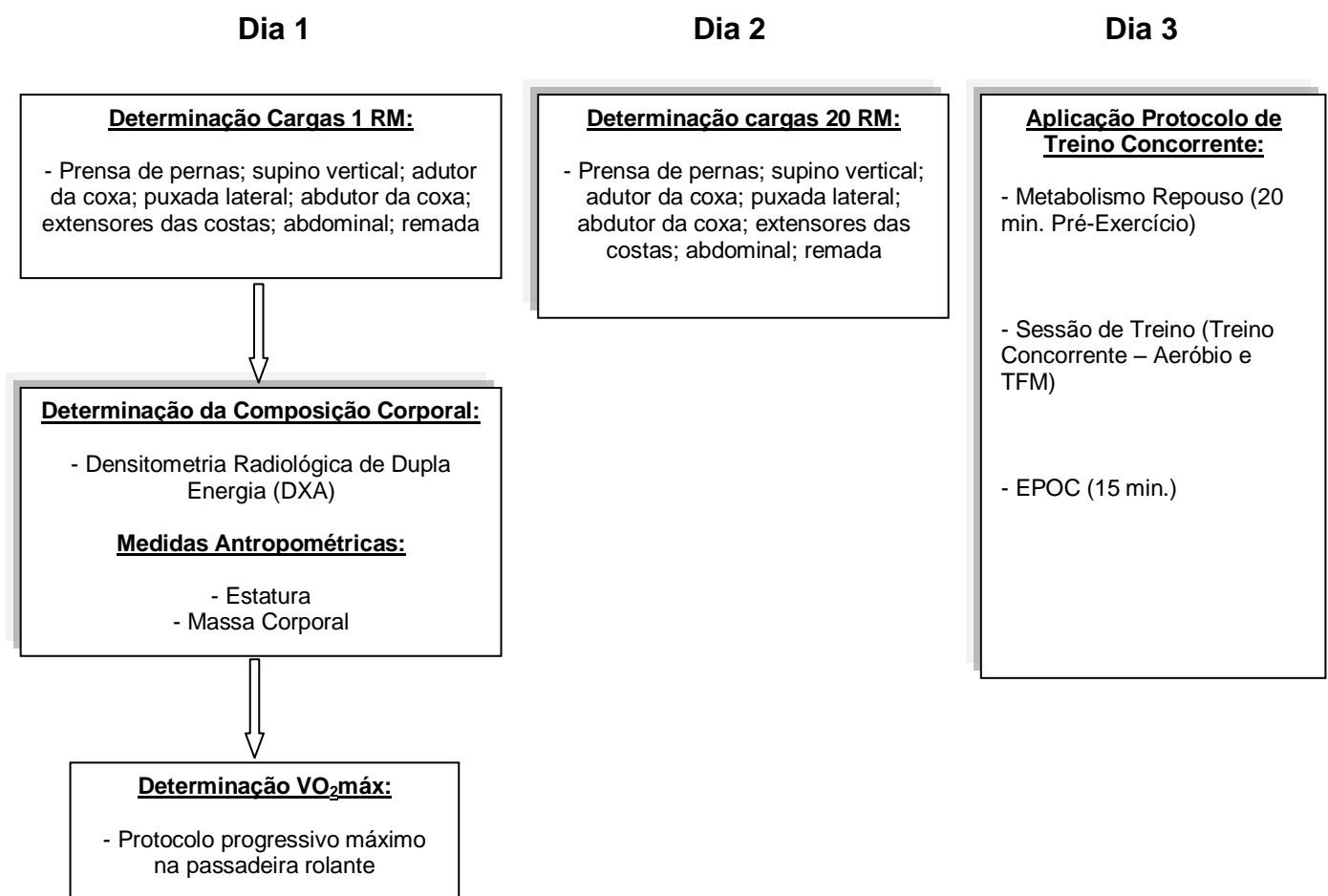


Figura 1 – Desenho Experimental do Estudo

3. Seleção e Caracterização da amostra

A amostra foi constituída por 10 jovens adolescentes do sexo feminino (tabela 2) que, após contacto, se ofereceram voluntariamente para fazerem parte deste estudo. Todas as voluntárias foram recrutadas na Escola do Ensino Básico do 2º e 3º Ciclos Vieira da Silva em Carnaxide, tinham idades entre os 14 e os 15 anos. A seleção de voluntários foi feita através de entrega de um documento informativo sobre a natureza e importância do estudo no qual se solicitava a colaboração dos jovens. Este documento foi entregue a todas as turmas do 3º Ciclo do Ensino Básico durante as aulas de Educação Física. Os alunos interessados em participar entregavam, posteriormente, esse documento aos respetivos professores assinado pelo Encarregado de Educação. Em virtude da maioria das alunas voluntárias (20 alunas) serem frequentadoras do 9º ano de escolaridade, e provavelmente no mesmo estado de maturação, foram elas as selecionadas a participar no estudo.

A todas as voluntárias em participar foi entregue novo documento elucidativo, informando da natureza do estudo, da importância na sua participação e dos procedimentos e avaliações que seriam alvo, que foi assinado pelos encarregados de educação. Posteriormente todas elas foram submetidas a um inquérito, e preenchimento de uma ficha relativa ao seu estado de maturação, efetuado por uma especialista na área do desenvolvimento e adaptação motora. Após a avaliação maturacional foram selecionadas apenas 10 das alunas. A seleção foi feita tomando em consideração a homogeneidade das características sexuais apresentadas pelas jovens, tendo como referência a escala de Tanner, no que respeita ao desenvolvimento mamário, quantidade de pêlos púbicos, e aparecimento da menarca. Uma vez selecionadas todas as 10 participantes, os respetivos encarregados de educação foram informados sobre o objetivo do estudo, tendo assinado o respetivo consentimento escrito para participação no mesmo.

Tabela 2 - Valores médios e desvios padrão das variáveis Idade, Estatura, Massa Corporal, Índice Massa Corporal (IMC), Percentagem de Massa Gorda Total, e Massa Isenta de Gordura (MIG) dos sujeitos da amostra (N)

N	10
Idade (anos)	14 ± 0.53
Estatura (cm)	159.5 ± 6.17
Massa Corporal (Kg)	53 ± 4.14
IMC (kg.m ⁻²)	20.88 ± 1.92
Massa Gorda Total (%)	27.31 ± 5.07
Massa Isenta de Gordura (kg)	38.90 ± 2.39

4. Descrição e Caracterização da Sessão de Treino

Concluída a fase inicial de testes teve início a aplicação do protocolo de treino concorrente. A sessão de treino incluiu uma componente aeróbia (passadeira) e uma de treino da força. Duas passagens foram efetuadas pelas duas formas de exercício sob forma de circuito. O intervalo entre exercícios, e entre a primeira e a segunda passagem pelo circuito, foi de apenas 30 segundos, suficiente para trocar de equipamento.

Durante a realização dos exercícios, os sujeitos estavam equipados com um analisador de gases portátil CosMed K4b² e um cardio-frequencímetro POLAR.

Durante a realização do protocolo as cargas foram sendo ajustadas em função da prestação do indivíduo de forma a conseguir manter a intensidade prescrita, tanto na passadeira (70-75% FC_{máx.}), como também no circuito de TFM (20 RM).

De seguida será descrita, de forma mais pormenorizada, cada uma das componentes da sessão de treino.

4.1 Componente Aeróbia

A componente aeróbia da sessão de treino consistiu no exercício (andar ou correr) na passadeira rolante. A primeira passagem pelo circuito iniciou-se com 10 minutos na passadeira, a uma intensidade de 70/75% da FC_{máx} de cada indivíduo, ajustada através da velocidade, com uma inclinação constante de 2%, seguido do circuito de força. O exercício na passadeira, na segunda passagem pelo circuito, teve a duração de 15 minutos.

4.2 Componente da Força (TFM em Circuito)

Os exercícios de TFM foram executados em máquinas Technogym, sob forma de circuito. Foram realizados um conjunto de 8 exercícios de força (Prensa de pernas, supino vertical, adutor da coxa, puxada lateral, abdutor da coxa, extensores das costas, abdominal, e remada). A intensidade dos exercícios de força foi definida como aquela que permitisse a realização de 20 repetições máximas em cada um dos exercícios (cerca de 50% RM para os membros superiores; 60% para os membros inferiores e zona abdominal e lombar) a uma cadência de 3 tempos para a fase excêntrica e 3 tempos para a fase concêntrica. A pausa entre cada exercício foi de 30 segundos.

5. Procedimentos de avaliação, recolha de dados e equipamento

Para a realização do estudo foi utilizado um protocolo de avaliação constituído por diversos testes físicos. Todos os testes serão apresentados e caracterizados de seguida de uma forma mais pormenorizada, organizados da seguinte forma: Avaliação do Estado Maturacional; Avaliação da Composição Corporal; Avaliação Metabólica e Cardio-respiratória; e Determinação das Cargas de Treino.

5.1 Avaliação do Estado Maturacional

O estado maturacional das adolescentes foi determinado através de um auto questionário, no qual as jovens indicaram a imagem que correspondia ao seu estado de desenvolvimento mamário e quantidade de pêlos púbicos, e entrevista, na qual informaram sobre o aparecimento da menarca. Ambos os testes foram aplicados, individualmente, por uma especialista na área do desenvolvimento e adaptação motora. Todas as 20 voluntárias foram submetidas a essa avaliação. Tendo por base essa avaliação foram selecionadas apenas 10 jovens por se encontrarem no mesmo patamar maturacional, ou seja, aparecimento da menarca nos últimos 3 anos, estadio 4 no desenvolvimento mamário, e estadio 5 na quantidade de pêlos púbicos (Tanner, 1962).

5.2 Avaliação da Composição Corporal

A avaliação da composição corporal (fig. 2) foi feita utilizando um equipamento de densitometria radiológica de dupla energia (DXA, Hologic 1500). Este tipo de avaliação permitiu aceder, diretamente, a um relatório informativo sobre a quantidade de massa gorda, MIG e percentagem de massa gorda dos elementos da amostra.



Figura 2 – Avaliação da Composição Corporal através da DXA

Os sujeitos da amostra foram colocados no equipamento em decúbito dorsal, sem nenhum objeto metálico de adorno, e instruídos para permanecerem o mais imóvel possível. Foi também pedido para que se encontrassem em jejum, de pelo menos 8 horas, até à realização do teste. A calibração foi feita de acordo com as especificações do fabricante. Todas as operações relativas à calibração do equipamento, colocação do indivíduo, realização do exame, análise e tratamento dos dados, foram efetuados por pessoal habilitado e conhecedor dos procedimentos. Cada exame de corpo inteiro demorou aproximadamente 15 minutos, dependendo da estatura do indivíduo avaliado.

A estatura foi registada num estadiómetro. As medições foram efetuadas com o indivíduo colocado cumprindo as normas definidas pela posição antropométrica. A massa corporal foi obtida através de uma balança eletrónica calibrada existente na sala de exercício.

5.3 Avaliação Metabólica e Cardio-respiratória

I – Teste de Avaliação da Taxa Metabólica de Repouso

A determinação da TMR foi efetuada numa posição de deitado em decúbito dorsal em situação confortável (fig. 3). O sujeito foi instruído para permanecer na posição referida, por um período de 20 minutos, durante os quais teria de respirar para o analisador de gases portátil CosMed K4b² (Rome, Italy) a fim de recolher os gases resultantes da troca respiratória. A FC (bat.min⁻¹) também foi monitorizada durante o mesmo período de tempo (20 minutos).

A recolha do consumo de O₂, para determinação da TMR, foi realizada em jejum de 8 horas e sem que o sujeito ingerisse qualquer tipo de bebida energética ou estimulante (café, álcool). Só foi permitido beber água no período de jejum.

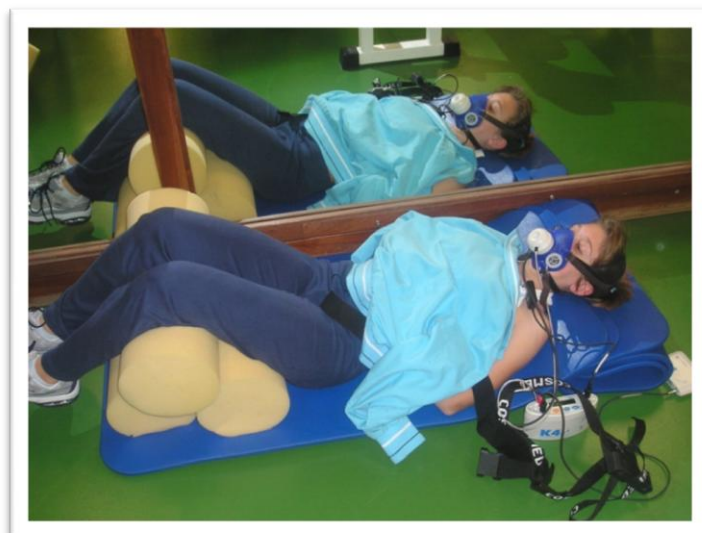


Figura 3 – Avaliação da Taxa Metabólica de Repouso (TMR)

II – Teste de Esforço Máximo (VO_2 máx)

O VO_2 máx, e a FC máx, (tabela 3) foram determinados realizando um protocolo progressivo máximo com patamares de 3 minutos, com uma inclinação constante de 4% (fig. 4). O teste teve o seu início com um período de aquecimento a uma velocidade reduzida e, com uma duração de 5 minutos após o qual se iniciou a aplicação do protocolo.



Figura 4 – Avaliação da componente cardio-respiratória (VO_2 máx.)

A velocidade inicial foi de 6 km.h⁻¹ e, ao fim de cada patamar, aumentou 1 km.h⁻¹. A análise de gases foi realizada durante todo o teste utilizando o analisador portátil CosMed K4b². O teste terminava quando atingido o VO₂máx por parte do sujeito avaliado. Os critérios para atingir o VO₂máx foram os propostos por Howley e col. (1995) nomeadamente, a indicação de que o sujeito atingiu a FCmáx prevista para a idade, de acordo com a fórmula de Karvonen (220-idade), ser observado um valor relativo no QR superior a 1,15 e, por último, o VO₂ não demonstrar incremento e permanecer estável. O teste também seria interrompido se, entre outros, a participante demonstrasse uma alteração inadequada e perceptível do seu ritmo cardíaco, surgissem manifestações físicas ou verbais de fadiga intensa, e se pedisse para parar.

Tabela 3 - Valores médios e desvios padrão do consumo máximo de oxigénio em termos absolutos (ml.min⁻¹), relativos (ml.kg⁻¹.min⁻¹), relativo em função da MIG (ml.kg_{MIG}⁻¹.min⁻¹), e frequência cardíaca máxima (bat.min⁻¹).

VO ₂ máx (ml.min ⁻¹)	2376.61 ± 120.23
VO ₂ máx (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	45.21 ± 2.12
VO ₂ máx (ml.kg _{MIG} ⁻¹ .min ⁻¹)	61.10 ± 3.09
FCmáx (bat.min ⁻¹)	206 ± 0.52

III – Dispendio Energético (Sessão de Treino)

O DE foi medido através de um circuito aberto, de calorimetria indireta, usando o Cosmed K4b² (Cosmed, Rome, Italy), um sistema metabólico portátil que mede a ventilação “*breath-by-breath*”, fração do oxigénio, e dióxido carbono expirado (fig. 5). Os sujeitos respiraram através de uma máscara de borracha que direcionava o ar através de uma turbina de ventilação, até uma unidade portátil que armazena os analisadores de gases de O₂ e CO₂. Este sistema, de massa total de cerca de 1,5 kg, estava preso ao tronco do indivíduo através de um arnês, permitindo ao indivíduo uma liberdade de movimentos durante o período de medições. O sistema estima o DE através da medição “*breath-by-breath*” de

oxigénio inalado ($\text{ml.O}_2.\text{min}^{-1}$) e converte em quilo calorias por minuto ($\text{kcal.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$). O registo e análise de gases foram efetuados durante todo o treino concorrente.

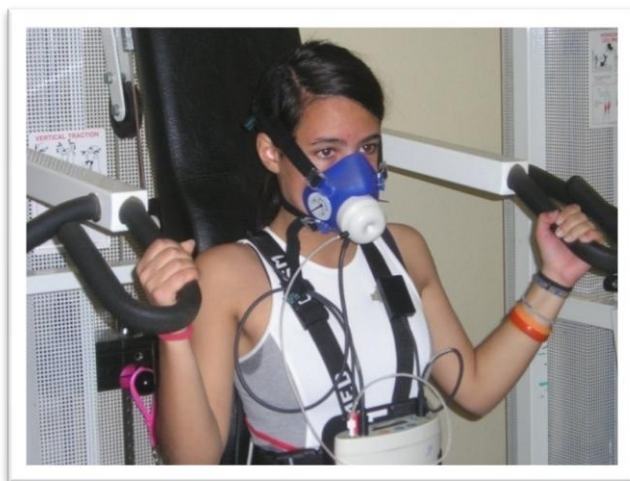


Figura 5 – Registo do DE através do analisador de gases portátil CosMed K4b²

IV – Determinação do EPOC

O EPOC foi determinado com o auxílio do mesmo equipamento portátil de análise de gases utilizado durante a sessão de treino. O registo iniciou-se logo após a conclusão da sessão de treino, com o indivíduo colocado em posição confortável, já descrita anteriormente para a TMR. O EPOC foi registado durante 15 minutos.

5.4 Determinação das Cargas de Treino

I – Determinação de 1 RM

A determinação das cargas, necessárias para a aplicação do protocolo, foi feita numa sessão prévia à avaliação do DE da sessão de treino. O 1RM foi determinado em todos os exercícios utilizados no protocolo. Todas as adolescentes realizaram um aquecimento geral, de 5 minutos, num

cicloergómetro, e um específico, nas máquinas em que foram posteriormente avaliadas, com uma carga reduzida com vista a se habituarem ao equipamento. O equipamento foi ajustado às medidas de cada uma e, após o aquecimento, procedeu-se à determinação das cargas. Para a determinação do 1 RM foi colocada uma carga que permitisse a realização de apenas 1 repetição máxima. Foram realizadas no máximo três tentativas. Todos os sujeitos foram avaliados em 8 máquinas, seguindo a ordem prevista no protocolo de treino. Os exercícios escolhidos foram ordenados alternando exercícios para os membros inferiores com exercícios para os membros superiores e zona abdominal. Os exercícios foram: Prensa de pernas, supino vertical, adutor da coxa, puxada lateral, abdutor da coxa, extensores das costas, abdominal, e remada alta.

II – Determinação de 20 RM

A determinação do 20 RM foi feita posteriormente à determinação do 1 RM. O procedimento de aquecimento e ajuste dos equipamentos foi idêntico ao utilizado para determinar a carga máxima. A determinação do 20 RM foi efetuado tendo em consideração um percentual face ao 1 RM determinado. Esse percentual foi de 50% de 1 RM para os membros superiores e 60% para os membros inferiores e zona abdominal e lombar, tendo sido, posteriormente, feitos ajustes consoante o indivíduo e a sua resposta à carga. Após os *feedbacks* atribuídos no aquecimento foi colocada uma carga que teria de permitir a execução de 20 RM. Foram feitas, no máximo, duas tentativas para determinar a carga exata. Sempre que a carga não era predita à primeira tentativa seria dado um tempo de descanso necessário para que a avaliação decorresse sem índices de fadiga acentuados. Todos os sujeitos foram avaliados em 8 máquinas seguindo a ordem prevista no protocolo de treino. Os exercícios escolhidos foram ordenados alternando exercícios para os membros inferiores com exercícios para os membros superiores e zona abdominal. Os exercícios foram os descritos anteriormente para o 1 RM.

6. Procedimentos de Análise

6.1 Teste de Avaliação da TMR

A determinação da TMR foi efetuada durante um período de 20 minutos durante os quais foram recolhidas o VO_2 e VCO_2 através do analisador de gases portátil CosMed K4b². Foram analisados apenas os 10 minutos finais dessa avaliação. A FC ($\text{bat} \cdot \text{min}^{-1}$) também foi monitorizada durante o mesmo período de tempo (20 minutos), tendo sido analisados, à semelhança do que sucedeu anteriormente, os últimos 10 minutos.

6.2 Teste de Esforço Máximo ($\text{VO}_{2\text{máx}}$)

Durante o teste de esforço máximo foram recolhidos os valores de CO_2 e O_2 através de calorimetria indireta. O teste foi realizado com o objetivo de aceder ao consumo máximo de oxigénio, absoluto ($\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}$) e relativo ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$), assim como à $\text{FC}_{\text{máx}}$, obtidos durante a aplicação do protocolo progressivo máximo na passadeira. Os dados obtidos (quadro 3) serviram para determinar a intensidade relativa do protocolo concorrente.

6.3 Dispendio Energético Líquido (Sessão de Treino)

A TMR e o DE foram registados utilizando um calorímetro portátil, de peso reduzido, CosMed K4b² (Rome, Italy). A unidade foi colocada no peito dos sujeitos através de um arnês. Foi colocada uma máscara cobrindo a cara e o nariz do sujeito, conectada a uma turbina digital bidirecional de fluxo com um leitor opto-elétrico, que foi ligada ao sujeito utilizando uma rede para o cabelo e fitas de velcro.

O sistema CosMed foi calibrado antes do teste a cada indivíduo de acordo com as linhas orientadoras do fabricante. Os dados dos testes foram descarregados para um computador pessoal portátil provido com o *software* adequado. Os dados foram integrados em períodos de 30 segundos e transferidos para um programa em *Excel* e posteriormente para o programa SPSS para análise. De

forma a melhor analisar as diferenças, as variáveis foram aglomeradas em blocos por fases, tanto durante a sessão de treino como durante o período de recuperação.

O custo energético do protocolo de treino, em quilo calorias, foi estimado utilizando um valor constante de 5.05 kcal.L de oxigénio e, também, utilizando o valor de 21.1 KJ.l⁻¹ (Wilmore e col., 1978).

O DE considerado durante o estudo, na sessão de treino, é apresentado como o DE líquido, ou seja, corresponde ao valor registado durante a sessão de treino, excluindo os valores de repouso, e expresso em termos temporais (kcal.min⁻¹ e KJ.min⁻¹).

6.4 Determinação do EPOC

A determinação do EPOC foi efetuada imediatamente após a execução da sessão de treino com o indivíduo deitado em posição de decúbito dorsal, confortavelmente instalado, durante um período de 15 minutos. Durante este período teria de permanecer imóvel, e com o analisador de gases portátil CosMed K4b², que faria a recolha dos gases durante o período de recuperação estabelecido. Os dados foram tratados e analisados da mesma forma que os dados obtidos durante a sessão de treino.

7. Variáveis em Estudo

A variável independente do presente estudo foi o protocolo de treino concorrente, e as variáveis dependentes foram o efeito desse protocolo no metabolismo cardio-respiratório e energético, mais propriamente o consumo de oxigénio, o QR, a FC, o DE, o equivalente metabólico (MET), e o EPOC.

8. Instrumentos e Equipamentos Utilizados

Para a realização do estudo foram utilizados diversos equipamentos consoante o tipo de avaliação realizada. Para a avaliação da componente cardio-respiratória ($\text{VO}_2\text{máx}$) foi utilizada uma passadeira rolante (marca *Laufergotest Leb Jaeger*) e um analisador de gases portátil CosMed K4b². O analisador de gases portátil foi também utilizado para determinação da TMR, do DE durante o protocolo de exercício, e do EPOC. A calibração deste equipamento foi realizada segundo as recomendações do fabricante. O analisador de gases portátil foi ligado com uma antecedência de cerca de 45 minutos antes do início das avaliações/sessão de treino. Durante o tempo que precedia o início da avaliação/sessão de treino, eram ajustados os equipamentos a serem utilizados (passadeira rolante ou máquinas de musculação). A calibração do analisador de gases foi feita enquanto o sujeito se equipava, após o que se colocava o colete com o analisador e eram feitos os ajustes ao mesmo. Foram também registadas a temperatura e humidade da sala.

Para a realização da sessão de treino, e determinação das cargas a utilizar durante o treino da força foram utilizadas as máquinas de musculação (Technogym) existentes no ginásio.

Para registo da FC, durante toda sessão de treino, foi utilizado um cardio-frequencímetro POLAR.

A composição corporal das jovens foi determinada utilizando um equipamento de densitometria radiológica de dupla energia (DXA, Hologic 1500), o qual foi calibrado segundo as recomendações do fabricante, momentos antes do início das avaliações por técnicos habilitados para o efeito.

O nível maturacional foi determinado através de entrevista e da aplicação de um questionário individual, utilizando a escala de Tanner, supervisionado por um especialista na área do desenvolvimento e adaptação motora.

9. Análise Estatística

Os valores das diferentes variáveis foram expressas em valores médios e desvio padrão. Para verificar as diferenças entre as várias condições (metabolismo de repouso, protocolo misto e período de recuperação) foi realizada uma Análise da Variância para Medidas Repetidas. As comparações *post-hoc* foram realizadas com o teste Bonferroni.

O grau de significância adotado foi $p < 0,05$, num intervalo de confiança de 95%. Previamente à aplicação da ANOVA foi verificada a normalidade da distribuição das diferentes variáveis. Com intervalo de confiança de 1%, todas as variáveis apresentaram uma distribuição normal.

No tratamento dos dados foi utilizado o programa estatístico IBM-SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*) -Statistics, versão 21.

Capítulo IV – Apresentação dos Resultados

1. Introdução

O objetivo desta investigação foi o de examinar qual o DE de uma sessão de treino concorrente, constituído por um EA, e um conjunto de exercícios de TFM, realizado em forma de circuito, utilizando uma amostra de raparigas adolescentes. Mais especificamente, este estudo pretendeu determinar se este tipo de protocolo consegue produzir uma quantidade moderada de atividade física assim como, se pode ser caracterizado como uma atividade de intensidade moderada para a população em estudo.

O estudo foi realizado com uma amostra de 10 alunas da Escola E. B. 2, 3 Vieira da Silva, em Carnaxide. As avaliações e a aplicação do protocolo foram realizadas nas instalações da Faculdade de Motricidade Humana.

No que se refere à apresentação dos resultados, este será feito em três momentos distintos. Será descrito o comportamento das variáveis em estudo durante o metabolismo de repouso, durante a sessão de treino e, durante o período de recuperação.

Todos os resultados serão apresentados em termos médios com os respetivos desvios padrão. Os valores do consumo de oxigénio serão apresentados em termos absolutos e em termos relativos. O DE será apresentado em termos globais e por unidade de tempo (minutos), e corresponderá ao DE líquido, ou seja, ao valor registado durante a sessão de treino excluindo os valores de repouso.

2. Análise das Variáveis Durante o Metabolismo de Repouso

Os resultados apresentados na tabela 4 fazem referência aos valores de repouso das variáveis analisadas imediatamente antes da aplicação do protocolo concorrente.

Tabela 4 – Valores médios e desvio padrão, das variáveis de repouso nos sujeitos da amostra.

VO ₂ (ml.min ⁻¹)	192.78 ± 22.60
VO ₂ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	3.64 ± 0.34
VO ₂ (ml.kgMIG ⁻¹ .min ⁻¹)	4.96 ± 0.58
Quociente Respiratório	0.77 ± 0.05
Frequência Cardíaca (bat.min ⁻¹)	70 ± 8
Dispêndio Energético (kcal.min ⁻¹)	0.96 ± 0.11

Por se tratar de jovens aparentemente saudáveis e que não apresentavam nenhuma condição especial que pudesse alterar as variáveis de repouso, os resultados da tabela são os esperados para o metabolismo de repouso.

3. Análise das Variáveis durante a Sessão de Treino Concorrente

A tabela 5 expressa os valores médios e desvios padrão das variáveis metabólicas e do DE registado durante a sessão de treino concorrente com duração média de $55 \pm 1,7$ minutos.

Tabela 5 – Valores médios e desvio padrão das variáveis consumo de oxigénio, absoluto, relativo e face à quantidade de Massa Isenta de Gordura, Quociente Respiratório, Frequência Cardíaca, Dispendio Energético Líquido Total (kcal.min^{-1} e Kj.min^{-1}), e Dispendio Energético Total durante a aplicação do protocolo concorrente.

VO_2 (ml.min^{-1})	1030.69 ± 312.31
VO_2 ($\text{ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$)	19.45 ± 5.89
VO_2 ($\text{ml.kgMIG}^{-1} \text{min}^{-1}$)	26.50 ± 8.03
Quociente Respiratório	0.99 ± 0.13
Frequência Cardíaca (bat.min^{-1})	142 ± 11
Dispendio Energético Líquido (kcal.min^{-1})	4.16 ± 1.57
Dispendio Energético Líquido (Kj.min^{-1})	17.42 ± 6.57
Dispendio Energético Total da Sessão (kcal)	221 ± 21.56

Da análise dos resultados apresentados na tabela 5 verificou-se que:

O consumo de oxigénio, em valores absolutos, durante toda a sessão foi de $1030.69 \pm 312.31 \text{ ml.min}^{-1}$ correspondendo a cerca de 43 % do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ obtido no teste de esforço aeróbio ($2376.61 \pm 161.31 \text{ ml.min}^{-1}$). Os valores de QR (0.99 ± 0.13) indicam uma maior contribuição do metabolismo anaeróbio na produção energética durante o protocolo concorrente adotado, que teve cerca de 55% (cerca de 30 minutos) do total da sessão (média de 55 ± 1.7 minutos) destinada aos exercícios de TFM, de característica intermitente. Os valores médios de FC ($142 \pm 11 \text{ bat.min}^{-1}$), registados durante a aplicação da sessão, corresponderam a cerca de 69% da FCmáx , determinada durante o teste máximo.

Relativamente ao DE líquido originado pela aplicação do treino concorrente este foi de $4.16 \pm 1.57 \text{ kcal.min}^{-1}$ ($17.42 \pm 6.57 \text{ kj.min}^{-1}$), o que no total da sessão representou um gasto de cerca de $221 \pm 21.56 \text{ kcal}$ ($925.28 \pm 90.27 \text{ kj.min}^{-1}$).

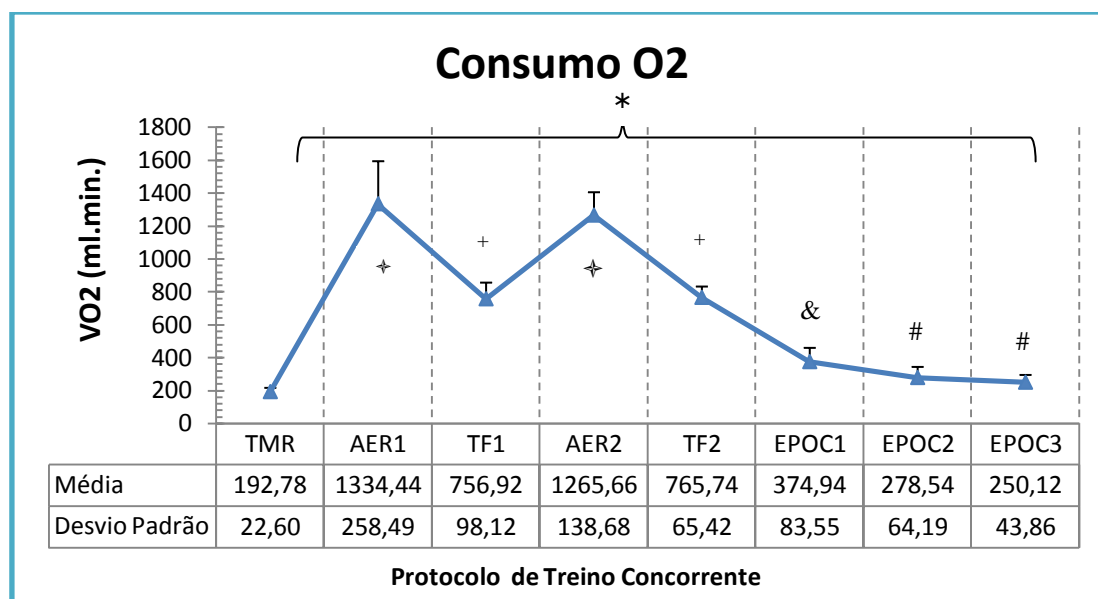


Figura 6 – Valores médios e desvio padrão do consumo de oxigênio (VO₂ ml.min) em condições de repouso (TMR) e durante as fases da sessão de treino concorrente e período de recuperação subsequente: primeiro período de treino aeróbico (AER1), primeiro período de treino de força (TF1), segundo período de treino aeróbico (AER2) e segundo período de treino de força 2 (TF2), além dos três períodos de recuperação de 5 minutos (EPOC 1, EPOC 2, EPOC 3).

* Significativamente maior que os valores de repouso (TMR) ($p < 0,05$); † Diferente dos períodos de exercício de TF e períodos de recuperação ($p < 0,05$); + Diferente dos períodos de exercício AER e períodos de recuperação ($p < 0,05$); & Diferente dos períodos de exercício e dos períodos de recuperação EPOC 2 e EPOC3 ($p < 0,05$); # Diferente dos períodos de exercício e do período de recuperação EPOC1 ($p < 0,05$).

Da observação do gráfico da figura 6 é possível observar que os valores relativos ao VO₂ durante os períodos da sessão de treino concorrente, bem como os períodos de recuperação foram significativamente superiores aos valores de repouso (TMR). É possível constatar também que o período AER1 apenas não apresenta diferenças em relação ao período AER2, logo registaram consumos semelhantes, sendo o inverso também observado. O período TF1 registra a mesma situação, não apresentando diferenças significativas apenas face ao período TF2. Foi possível também observar que os períodos de

exercício aeróbio apresentaram diferenças significativas face os períodos de força, sendo que o consumo de O₂ durante os períodos aeróbios foi sempre superior aos períodos de força, correspondendo a 56% (AER1) e 53% (AER2) do consumo máximo de O₂ avaliado. Já nos períodos de força, em ambos, esse consumo correspondeu a 32% do consumo máximo de O₂ avaliado.

Quanto aos períodos de recuperação é possível observar que período EPOC1 apresenta diferenças face à TMR e a todos os períodos da sessão de treino e períodos de recuperação. O EPOC2 e EPOC3 apenas não apresentam diferenças entre si, registrando diferenças em relação a todos os outros períodos, indicando que o impacto da sessão de treino se poderia ter prolongado mais durante o período de recuperação.

II – Equivalente Metabólico

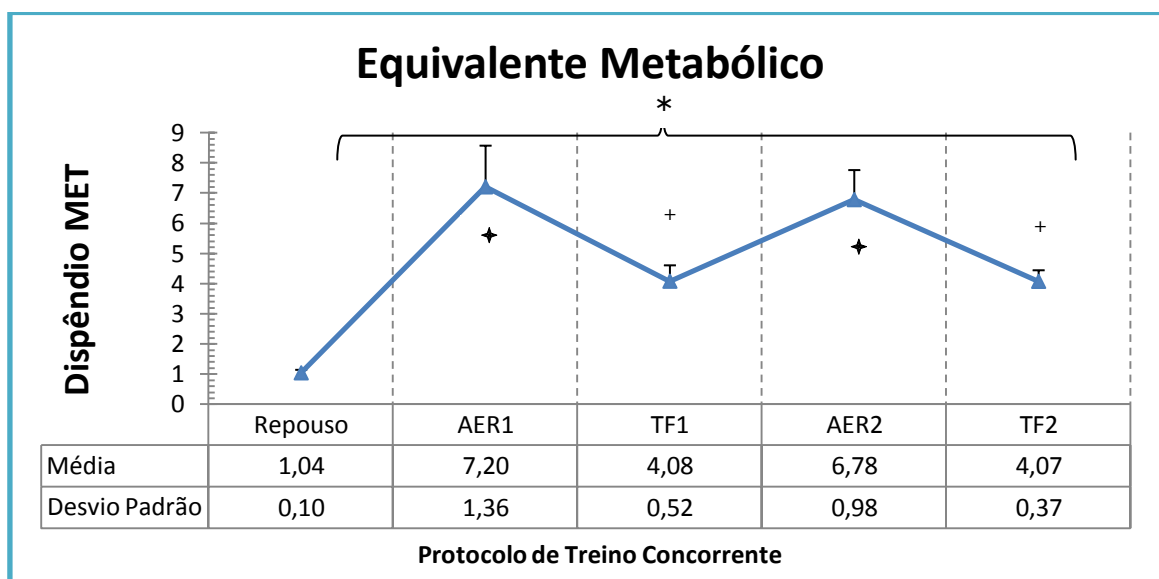


Figura 7 – Valores médios, e desvio padrão, do Equivalente Metabólico (MET) em condições de repouso, e durante as fases da sessão de treino concorrente primeiro período de treino aeróbio (AER1), primeiro período de treino de força (TF1), segundo período de treino aeróbio (AER2) e segundo período de treino de força 2 (TF2).

* Significativamente maior que os valores de repouso ($p < 0,05$); + Diferente dos períodos de exercício TF ($p < 0,05$); + Diferente dos períodos de exercício AER ($p < 0,05$).

Observando a figura 7 vemos que ao nível do equivalente metabólico de repouso, durante os períodos da sessão de treino concorrente, foram sempre significativamente superiores aos valores de repouso. À semelhança do observado no consumo de O₂, os períodos AER1 e AER2 apenas não apresentam diferenças entre si, registando diferenças para todos os outros períodos, nomeadamente o TF1 e TF2. Situação idêntica foi observada relativamente aos períodos de TF1 e TF2. À semelhança do consumo de O₂ é possível constatar que, a intensidade dos períodos aeróbios foi sempre superior á intensidade dos períodos de força.

A intensidade expressa em MET do protocolo de treino concorrente registou um valor médio de 5.38 ± 0.54 MET, podendo classificar-se como uma atividade moderada, segundo as orientações do Colégio Americano de Medicina Desportiva (ACSM, 2009) e o relatório do *Surgeon General* (USDHHS, 1996).

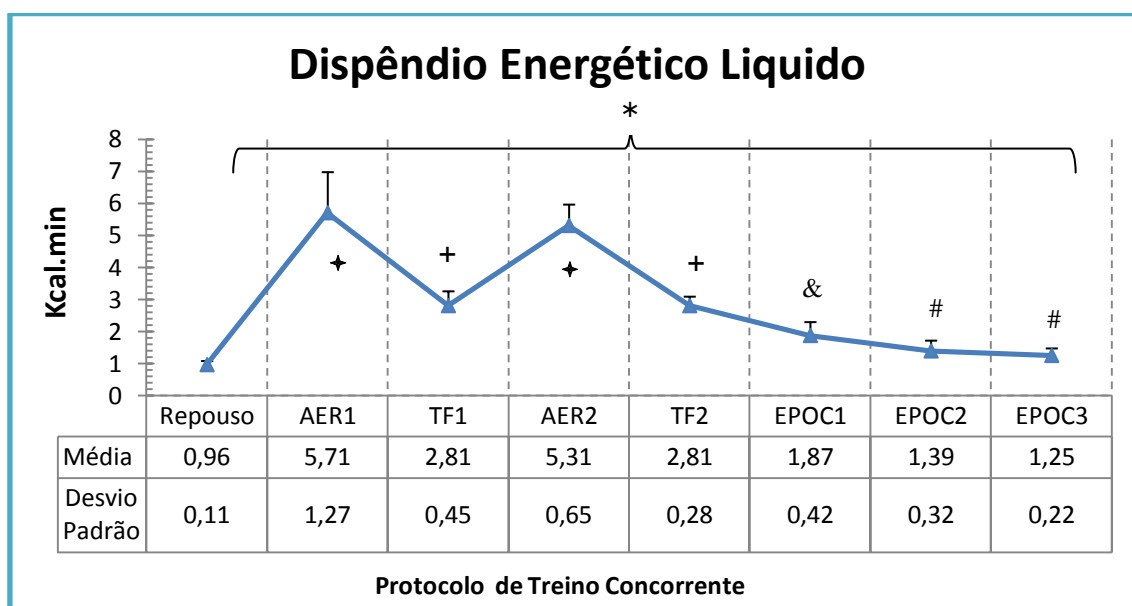


Figura 8 – Valores médios, e desvio padrão, do dispendio energético líquido (kcal.min) em condições de repouso e durante as fases da sessão de treino concorrente e período de recuperação subsequente: primeiro período de treino aeróbico (AER1), primeiro período de treino de força (TF1), segundo período de treino aeróbico (AER2) e segundo período de treino de força 2 (TF2), além dos três períodos de recuperação de 5 minutos (EPOC 1, EPOC 2, EPOC 3).

* Significativamente maior que os valores de repouso ($p < 0,05$); † Diferente dos períodos de exercício de TF e períodos de recuperação ($p < 0,05$); + Diferente dos períodos de exercício AER e períodos de recuperação ($p < 0,05$); & Diferente dos períodos de exercício e dos períodos de recuperação EPOC2 e EPOC3 ($p < 0,05$); # Diferente dos períodos de exercício e do período de recuperação EPOC1 ($p < 0,05$).

A figura 8 apresenta os resultados relativos ao DE. O DE registado durante todos os períodos da sessão de treino e períodos de recuperação apresentaram valores significativamente mais elevados que os valores observados durante a condição de repouso. Uma vez que o DE depende diretamente do consumo de O_2 as diferenças registadas ao nível do consumo de O_2 foram também observadas durante o DE da sessão de treino concorrente.

O DE líquido apresentado na figura 8 refere-se ao total da energia despendida durante a realização do protocolo concorrente e do período de recuperação, extraindo o valor relativo à condição de repouso. Devido à sua relação com o consumo de O₂, o dispêndio calórico apresenta uma curva semelhante ao primeiro. Como tal, registou-se um maior dispêndio calórico nos períodos aeróbios do que nos períodos de força. Valores médios de $5.71 \pm 1.27 \text{ kcal.min}^{-1}$ ($23.90 \pm 5.31 \text{ kJ.min}^{-1}$) e $5.31 \pm 0.65 \text{ kcal.min}^{-1}$ ($22.23 \pm 2.73 \text{ kJ.min}^{-1}$) foram registados durante os períodos AER1 e AER2, respetivamente, o que correspondeu a um gasto de $57.10 \pm 12.70 \text{ kcal}$ ($239.07 \pm 53.17 \text{ kJ}$) e $79.65 \pm 9.75 \text{ kcal}$ ($333.48 \pm 40.82 \text{ kJ}$) em cada uma das passagens por cada período. Nas passagens pelos períodos de força (TF1 e TF2) foram gastas 2.81 ± 0.45 e $2.81 \pm 0.28 \text{ kcal.min}^{-1}$ (11.76 ± 1.88 e $11.76 \pm 1.17 \text{ kJ.min}^{-1}$, respetivamente) em cada um dos protocolos. Valores esses que corresponderam a um gasto de 42.15 ± 6.75 e $42.15 \pm 4.35 \text{ kcal}$ (176.47 ± 28.26 e $176.47 \pm 18.21 \text{ kJ}$, respetivamente) durante cada uma das passagens. No total, o protocolo de treino concorrente originou um gasto energético líquido de $221 \pm 21.56 \text{ kcal}$ ($925.28 \pm 90.27 \text{ kJ}$). No entanto o impacto da sessão de treino, em termos energéticos, não pode ser só avaliado em função do gasto energético durante a realização dos períodos da sessão de treino. Embora o período de recuperação fosse registado apenas durante 15 minutos originou um DE de $22.55 \pm 1.63 \text{ kcal}$ ($94.41 \pm 6.82 \text{ kJ}$).

IV – Quociente Respiratório

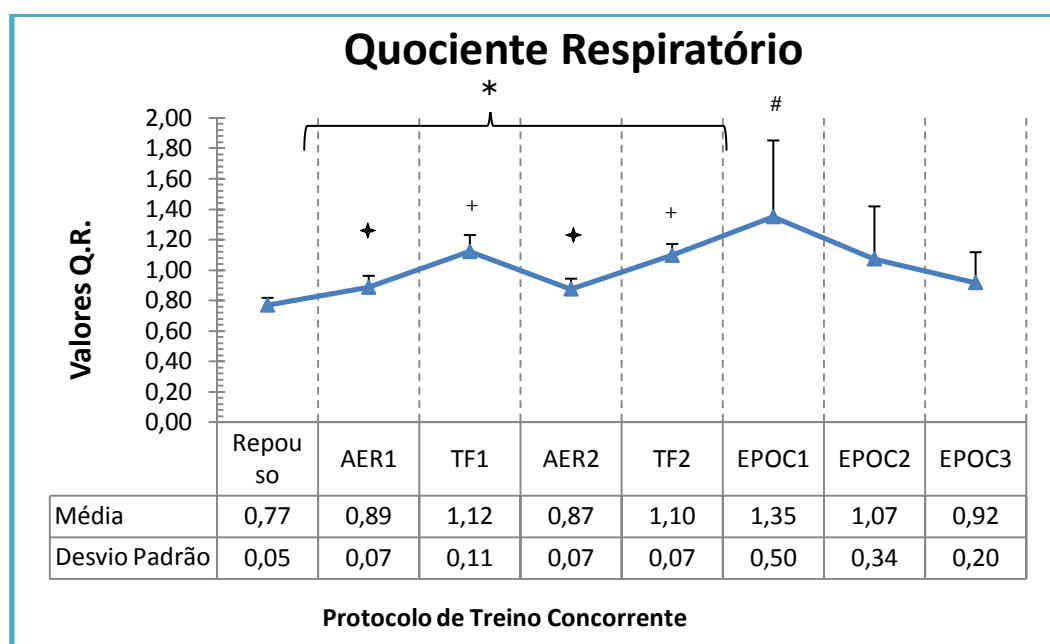


Figura 9 – Valores médios, e desvio padrão, do quociente respiratório (Q.R.), em condições de repouso e durante as fases da sessão de treino concorrente e período de recuperação subsequente: primeiro período de treino aeróbio (AER1), primeiro período de treino de força (TF1), segundo período de treino aeróbio (AER2) e segundo período de treino de força 2 (TF2), além dos três períodos de recuperação de 5 minutos (EPOC 1, EPOC 2, EPOC 3).

* Significativamente maior que os valores de repouso ($p < 0,05$); † Diferente dos períodos de exercício TF ($p < 0,05$); + Diferente dos períodos de exercício AER ($p < 0,05$); # Diferente do período de recuperação EPOC2.

Observando a figura 9, podemos constatar que os períodos AER1 e AER2 apresentaram diferenças relativamente ao QR em situação de repouso e aos períodos TF1 e TF2. Nos períodos TF1 e TF2 observou-se o inverso com diferenças a serem registadas entre estes dois períodos e os períodos AER1 e AER2, e os valores em repouso. O facto dos períodos de recuperação não apresentarem diferenças consideradas significativas face aos valores de repouso poderá ter sido devido às grandes variações entre sujeitos, como se pode constatar no gráfico, o que poderá ser considerada uma limitação deste estudo uma vez que essa variação pode ter condicionado a análise estatística da resposta ao longo do período de recuperação.

Observando os valores durante o período de recuperação as diferenças significativas apenas foram observadas entre o EPOC1 e EPOC2, sendo que o EPOC3 não apresentou diferenças relativamente aos valores de repouso, aos períodos de treino aeróbio e de treino de força, e aos restantes períodos de recuperação.

É possível observar no gráfico uma diferença metabólica entre os dois períodos de treino, aeróbio e de força. Uma maior contribuição anaeróbia para a produção de energia foi evidente no período de treino de força. Por se tratar de uma sessão mista, a qual implicou a utilização de exercício em *steady-state* (AER1 e AER2), e intermitentes (TF1 e TF2), os quais representaram o maior tempo da sessão de treino, a média do QR da sessão foi de 0.99 ± 0.13 .

Embora no EPOC1 ainda se pudesse observar, no QR, valores médios elevados ($1,35 \pm 0,50$), após esse período, e até ao final do tempo de análise, essa descida foi mais acentuada (desceu 0.28 do EPOC1 para o EPOC2 e 0.15 para o EPOC3). No final dos 15 minutos, período de duração de registo do EPOC, o QR registou um valor médio de 1.11 ± 0.22 , indicando uma clara predominância do metabolismo anaeróbio refletindo o impacto da sessão de treino nos indivíduos.

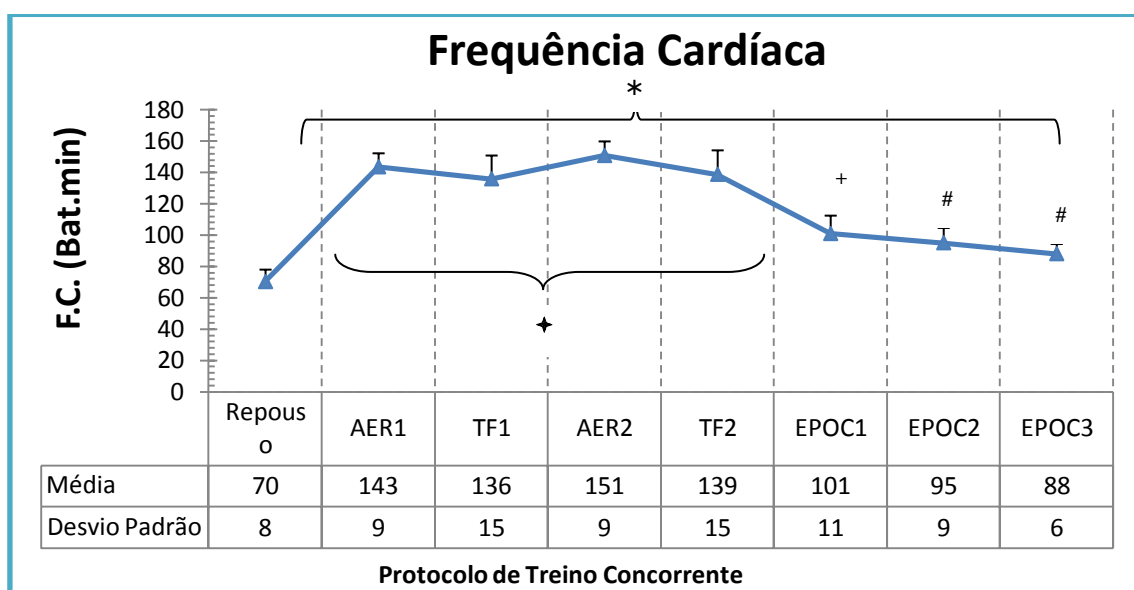


Figura 10 – Valores médios, e desvio padrão, da frequência cardíaca (F.C.), em condições de repouso e durante as fases da sessão de treino concorrente e período de recuperação subsequente: primeiro período de treino aeróbio (AER1), primeiro período de treino de força (TF1), segundo período de treino aeróbio (AER2) e segundo período de treino de força 2 (TF2), além dos três períodos de recuperação de 5 minutos (EPOC 1, EPOC 2, EPOC 3).

* Significativamente maior que os valores de repouso ($p < 0,05$); † Diferente dos períodos de recuperação ($p < 0,05$); + Diferente dos períodos de exercício e períodos de recuperação EPOC2 e EPOC3 ($p < 0,05$); # Diferente dos períodos de exercício e período de recuperação EPOC1 ($p < 0,05$).

A figura 10 mostra-nos que a FC, registada durante os períodos da sessão de treino e os períodos de recuperação, apresentou valores significativamente mais elevados relativamente à FC de repouso. No que respeita aos períodos AER1, AER2, TF1 e TF2, podemos constatar que todos eles, individualmente, apenas apresentaram diferenças significativas face à FC de repouso e aos períodos de recuperação. A mesma situação pode-se observar relativamente ao EPOC1 que apresenta diferenças face a todos os outros períodos da sessão de treino, e de recuperação, registados. Os períodos de recuperação EPOC2 e EPOC3 não apresentam diferenças entre si, mas ambos apresentam diferenças relativamente aos restantes períodos da sessão de treino e também relativamente ao EPOC1.

A FC apresentou valores oscilantes entre as duas fases da sessão de treino (AER1-AER2 e TF1-TF2), fruto das diferentes solicitações metabólicas originadas por cada uma, e quantidade de massa muscular solicitada. Os valores apresentados anteriormente corresponderam, face ao valor da FC_{máx} (206 bat.min⁻¹), a 69% e 73%, nos períodos AER1 e AER2, e 66% e 67% nos períodos TF1 e TF2, na primeira e segunda passagem, respetivamente. O valor médio obtido durante a sessão foi de 142 ± 7 bat.min⁻¹, valor que corresponde 69% da FC_{máx}. O valor médio de FC registado durante a primeira e segunda passagem pelo circuito foi de 140 ± 5 bat.min⁻¹ e 145 ± 8 bat.min⁻¹, respetivamente.

Após a sessão de treino, e durante o EPOC1, a FC registou um valor médio de 101 ± 11 bat.min⁻¹. No EPOC2 observou-se uma diminuição de 6 bat.min⁻¹, face ao período anterior, e do EPOC2 para o EPOC3 observou-se uma redução de 7 bat.min⁻¹. A diferença média entre a FC observada durante o período de recuperação, relativamente à FC de repouso, variou entre os 31 e os 18 bat.min⁻¹. Apesar da FC ter baixado ao longo do período de recuperação ela foi sempre significativamente mais alta que a FC de repouso.

Capítulo V – Discussão dos Resultados

1. Introdução

Neste capítulo pretende-se interpretar e discutir os resultados descritos no capítulo anterior. O objetivo do estudo foi saber qual o DE e a intensidade, de acordo com as referências estabelecidas para uma atividade física moderada orientada para a saúde, de um treino concorrente.

Nesta discussão de resultados será abordada a sessão de treino e o impacto desta nas variáveis em estudo, e será feita apenas uma breve descrição do comportamento dessas mesmas variáveis durante o período de recuperação, em virtude do curto período de registo efetuado, que não refletiu a magnitude e impacto da sessão de treino. Em termos organizacionais iremos abordar primeiramente as respostas metabólicas, durante a sessão de treino, e de seguida será feita uma pequena alusão ao comportamento dessas mesmas variáveis durante o período de recuperação.

2. Respostas Metabólicas durante a Sessão de Treino

Comparando os valores de consumo de O_2 do EA, e os exercícios de TFM, durante toda a sessão de treino, observamos que, os consumos obtidos no EA foram sempre superiores aos registados nos exercícios de TFM.

Embora a intensidade das duas formas de exercício fosse quase idêntica ao nível dos valores de FC, observando-se valores de 69% e 73% da FC_{máx} no EA e 66% e 67% da FC_{máx} no TFM, esses valores não se manifestaram ao nível do consumo de O_2 . O EA foi realizado a uma intensidade média de 56% e 53% do VO₂_{máx} registado no teste de esforço máximo, durante a primeira e segunda passagem respetivamente. Já o TFM registou em ambas as passagens um consumo de 32% face ao VO₂_{máx}. Os consumos nas diferentes formas de exercício já eram esperados devido à característica intermitente do TFM e,

também, pela maior quantidade de massa muscular solicitada em simultâneo, e de forma contínua, pelo EA. Bloomer (2005) observou também, à semelhança deste estudo, que o EA contínuo resulta num maior DE, quando comparado com um exercício intermitente de TFM de igual duração e intensidade relativa. Embora o estudo mencionado compare apenas um exercício de TFM com um exercício no cicloergómetro, o facto da intensidade de ambas as formas de exercício ser idêntica em termos do impacto da FC (160 bat.min^{-1}), o consumo de O_2 foi superior no EA (87 ± 3 vs $53 \pm 3 \text{ L}$), o que é representativo da natureza do impacto fisiológico de ambas as formas de exercício no DE.

Estas diferenças entre a FC e o consumo de O_2 nos exercícios de TFM foram também observadas em diversos estudos. Wilmore e col. (1978), constataram um comportamento semelhante num protocolo de TFM num circuito, tento registado, numa sessão com duração de 22.5 minutos, a uma intensidade de 40% de 1 RM, valores de $134.8 \text{ bat.min}^{-1}$ de FC (71.8% do máximo), e 1.50 l.min^{-1} de VO_2 (38.6% do máximo), correspondendo a um dispêndio calórico médio de $7.5 \text{ kcal.min}^{-1}$. Hempel e Wells (1985), constaram, num circuito Nautilus Express, durante 21.6 minutos, valores de 1.54 l.min^{-1} para o VO_2 , correspondendo a 38.2% do consumo máximo de O_2 avaliado, e valores de $148.3 \text{ bat.min}^{-1}$ para a FC, correspondendo a 77.2% da $\text{FC}_{\text{máx}}$, originando um dispêndio médio de $7.8 \text{ kcal.min}^{-1}$. Igualmente Ballor e col (1987), num estudo envolvendo resistências hidráulicas para a realização de um TFM em circuito, em 3 velocidades (alta-baixa-média) distintas, com a duração total de 24.5 minutos, encontrou valores médios de FC e VO_2 de $153,8 \text{ bat.min}^{-1}$, correspondendo a 81,2% do valor obtido na passadeira, e $1,93 \text{ L.min}^{-1}$, equivalente a 41,4% do alcançado na passadeira, respetivamente, originando um DE de $9.75 \text{ kcal.min}^{-1}$. A discrepância entre os valores de FC e VO_2 obtidos durante o TFM, pode, como já foi em parte referido anteriormente, ser devido à característica intermitente do estímulo da carga, e ao facto de, apesar de ser um exercício predominantemente de ações musculares dinâmicas, ocorrerem diversas contrações de natureza estática, por ação dos músculos estabilizadores, auxiliares ao exercício. É possível extrapolar que outros fatores para além do consumo de O_2 podem influenciar a FC. Tais fatores incluem a temperatura, emoções, ingestão alimentar, posição corporal, os grupos

musculares exercitados, se o exercício é contínuo ou intermitente, ou se as contrações são isométricas ou dinâmicas (McArdle e col., 1992).

Neste estudo, a FC média obtida durante a primeira e segunda passagem pelos exercícios de TFM, durante a realização do circuito, foi de 136 e 139 bat.min⁻¹, respetivamente. À semelhança do nosso estudo, Pichon e col. (1996), registaram valores de 135.3 ± 15.6 bat.min⁻¹ na realização de um TFM em circuito no qual, também foram realizadas 20 repetições.

Em termos gerais a FC média durante a realização do protocolo concorrente foi de 142 bat.min⁻¹, correspondendo a 69% da FC_{máx}, representando um estímulo de intensidade moderada de acordo com o ACSM (2009) e o relatório do Surgeon General (USDHHS, 1996).

Embora os estudos mencionados apresentem uma relação entre a FC e o VO₂ semelhante ao presente estudo, o DE obtido no nosso estudo é inferior aos desses estudos no que se refere ao TFM. No presente estudo as passagens pelos exercícios de TFM originaram dispêndios de 2.81 kcal.min⁻¹ nas duas passagens, de cerca de 15 minutos, cada uma. Valor que, comparando com os mencionados anteriormente, é considerado reduzido.

O valor mais próximo do nosso estudo foi o registado por Pichon e col. (1996), num TFM em circuito no qual obteve um DE de 4.86 ± 1.9 kcal.min⁻¹, num total de 53.4 ± 20.8 kcal. As diferenças face ao nosso estudo poderão ser devido à seleção dos exercícios e à natureza da amostra.

No total da sessão o presente estudo registou um DE total líquido de 221 kcal, mostrando que o protocolo aplicado pode ser considerado como uma atividade física que promove uma quantidade moderada de DE, ou seja, que proporciona um gasto energético de aproximadamente 150/200 kcal/dia mais do que o DE normal diário para promoção da saúde. Para tal contribuiu o facto de se tratar de um protocolo concorrente com uma duração média de 55 minutos.

Se compararmos apenas as duas passagens pelos exercícios de TFM, estes registaram valores de 42.15 kcal durante ambas as passagens. Uma vez que cada passagem pelos exercícios de força durou cerca de 15 minutos os valores obtidos são semelhantes aos observados por Phillips e col. (2003), num protocolo de TFM tradicional, com uma duração total de 24 minutos, no qual 6 mulheres obtiveram um dispêndio de 81.7 kcal. Embora os exercícios de TFM, isoladamente, não sejam suficientes para obter um DE considerado moderado, a contribuição do EA permitiu atingir os valores pretendidos. A inclusão do EA no protocolo de TFM (protocolo concorrente) permitiu a obtenção de maiores consumos de O₂ e, desta forma, um DE superior.

Relativamente ao QR, observou-se que o valor médio da sessão de treino foi de 0.99 ± 0.13 , indiciando uma predominância do metabolismo anaeróbio na produção energética. Tal se deveu ao maior tempo (30 min.) despendido na realização dos exercícios de TFM, durante os 55 minutos que durou a sessão de treino. Em relação ao QR, em cada uma das formas de exercício, no EA o valor médio por cada passagem pelo circuito foi de 0.89 e 0.87, e nos exercícios de TFM foi de 1.12 e 1.10. A contribuição anaeróbia na produção de energia no TFM é evidente, e o tempo despendido neste influenciou a média total da sessão. Burleson e col. (1998), também encontraram diferenças no QR entre o EA relativamente aos exercícios de TFM, tendo registado um QR de 0.92 no TFM, e 0.77 no EA. Estes valores são inferiores aos do nosso estudo mas, indicam também uma contribuição do metabolismo anaeróbio nos exercícios de TFM, nomeadamente na utilização preferencial dos hidratos de carbono como fonte energética.

Também Melanson e col. (2002), observaram valores de 0.96, no cicloergómetro, e 1.02 nos exercícios de TFM. O QR mais elevado obtido no cicloergómetro foi devido, provavelmente, à intensidade a que foi realizado o exercício (70% do VO₂máx.)

Em termos de intensidade, a sessão de protocolo concorrente do presente estudo, pode ser considerada como moderada, uma vez que originou um DE entre os 3 e os 6 MET, mais concretamente 5.38 ± 0.51 METs. No exercício

aeróbio os consumos oscilaram entre os 7.20 e os 6.78 MET, valores considerados elevados, e nos exercícios de TFM os consumos situaram-se nos 4.08 e 4.07 METs. Valores semelhantes foram registados por Phillips e Ziuraitis (2003), num estudo já referido anteriormente, no qual 6 mulheres registaram consumos de 4.02 MET nos exercícios de TFM. Embora os exercícios de TFM, isoladamente, fossem capazes de originar um impacto metabólico de intensidade moderada, a inclusão do EA permitiu, não só aumentar esse impacto metabólico como também, e como foi referido anteriormente, originar um maior DE. Esta influência do EA sobre os exercícios de TFM, ao nível energético, foi também observada por Pinto (2007).

Tabela 6 – Comparação entre os valores recomendados e o presente estudo

	Valores Moderados	Presente Estudo
VO ₂ (ml.min ⁻¹)	40/50% - 85% do VO ₂ máxR	35% VO ₂ máxR (810,29 ml.min ⁻¹)
FC (bat.min ⁻¹)	55/65% - 90% da FCmáx	69% (142 bat.min ⁻¹)
MET	3 – 5,9	5.38
DE (kcal)	150/200	221

O quadro comparativo (tabela 6) mostra a relação entre o nosso estudo e o recomendado como quantidade e intensidade moderada de atividade física. Apenas no consumo de O₂ a sessão de treino não foi de encontro ao recomendado. A sessão de treino concorrente apenas obteve um consumo que se situou nos 35% face ao VO₂máx de reserva (VO₂máxR), ou seja, ao valor máximo de O₂ consumido ao qual se extraiu o consumo de O₂ de repouso. Tal poderá ser devido à FC prevista de 70/75% da FCmáx para o EA não ter sido alcançada, logo reduzindo a intensidade e consequentemente o consumo de O₂. Nas restantes variáveis comparadas, o presente estudo situou-se dentro dos limites estabelecidos ou acima destes, caso do DE total da sessão (221 kcal).

3. Respostas Metabólicas durante o Período de Recuperação

A sessão de treino, de natureza mista, utilizada neste estudo provocou nos indivíduos da amostra uma elevação significativa no VO_2 , DE e FC após o exercício. Como é sabido, qualquer tipo de atividade física origina uma elevação do VO_2 seguido de EPOC, após a conclusão do exercício (Sedlock e col., 1989).

No presente estudo, apesar do EPOC ter sido apenas analisado durante um curto período de tempo (15 minutos), foi possível observar que, embora tenha havido uma descida notória do DE após a conclusão da sessão de treino, os valores de EPOC mantiveram-se sempre elevados, em termos estatísticos, face aos valores de repouso.

É provável que a duração do EPOC se mantivesse por um período de tempo bastante superior ao que foi possível de registar, o que resultaria num DE ainda maior, a adicionar ao obtido durante a sessão de treino. O protocolo de treino aplicado terminou com a realização dos exercícios de TFM, que se caracterizam por serem exercícios que solicitam o metabolismo anaeróbio para produção de energia. Segundo Burleson e col., (1998), este tipo de exercícios perturbam mais a homeostasia e, como tal, mais energia será necessária nos processos de recuperação. Sabendo que a duração do exercício influencia a duração do EPOC (Sedlock e col., 1989) é então bastante provável que, uma vez que neste estudo a sessão de treino teve uma duração média de 55 minutos, o EPOC se prolongasse durante um período de tempo bastante superior ao que foi analisado.

Capítulo VI – Conclusões e Recomendações

1. Conclusões

A elaboração do protocolo, do presente estudo, foi feito com o intuito de criar uma sessão de treino que engloba-se o EA e exercícios de TFM (treino concorrente), e que ao mesmo tempo conseguisse ir de encontro ao definido pelo ACSM (2009) e pelo relatório do Surgeon General (USDHHS, 1996) como atividade física que promovesse, em termos de benefícios para a saúde, uma quantidade e intensidade moderada de exercício, ou seja, que promovesse um gasto calórico de, aproximadamente, 150 a 200 kcal/dia, e possuísse uma intensidade entre os 3 e 6 MET, respetivamente.

A forma de exercício escolhida (treino concorrente) é a mais usual para conciliar as duas formas de treino (EA e TFM). O treino concorrente permite assim usufruir, pelo menos em parte, dos benefícios resultantes da realização das duas formas de exercício.

A forma de treino concorrente, utilizada durante a sessão de treino deste protocolo, foi de encontro ao definido pelo ACSM (2009) e o relatório do Surgeon General (USDHHS, 1996) como uma atividade física que promove uma quantidade e uma intensidade moderada de exercício. Ao nível da promoção de saúde a sessão mista produziu uma quantidade moderada de exercício, tendo originado um DE de 221 kcal, e uma intensidade média considerada moderada de, 5,38 MET.

Também a FC, durante a sessão de treino, se apresentou dentro dos valores considerados como moderados, tendo sido obtidos valores de 142 bat.min^{-1} , equivalente a 69% da FC_{máx}, isto apesar de não ter sido possível atingir a intensidade de 70/75% da FC_{máx} no EA, como havia sido previsto. No entanto, apesar da sessão ir de encontro aos objetivos definidos, ela não pode ser considerada moderada quando a intensidade é exposta em função do $\text{VO}_2\text{máxR}$, isto porque a intensidade mínima recomendada se situa entre os 40/50% - 85%

do $\text{VO}_2\text{máxR}$ e a do protocolo utilizado apenas atingiu um valor de 37% do $\text{VO}_2\text{máxR}$.

Em termos calóricos foi observado que o EA foi o que mais contribuiu para o gasto energético, contribuindo com 62% (136,75 kcal) do DE líquido total da sessão (221 kcal), isto apesar do tempo passado na realização dos exercícios de TFM ter sido de 30 minutos, correspondendo a 55% do tempo despendido para completar o protocolo concorrente (55 minutos). Apesar dos exercícios de TFM não serem a principal componente em termos de DE na sessão de treino, o seu efeito no balanço energético e regulação do peso corporal deve ser observado, também, tendo em consideração os seus efeitos na composição corporal, ao nível do aumento da MIG.

Observou-se que, no protocolo de treino concorrente, a realização de duas passagens pelo circuito foi essencial à obtenção de um DE que permitiu classificar este tipo de treino como capaz de proporcionar uma quantidade moderada de atividade física.

A predominância, em termos de tempo passado em exercício, por parte dos exercícios de TFM influenciou a média do QR da sessão de treino, tendo sido obtido um valor médio de 0.99 ± 0.13 , indicando uma maior produção energética à custa do metabolismo anaeróbio durante a maior parte da sessão de treino.

A estruturação da sessão, no que respeita à ordem de apresentação dos exercícios, de acordo com Drummond e col. (2005), iria influenciar o EPOC em termos de magnitude e duração, algo que não foi possível observar, devido ao período reduzido da recolha.

Ambas as formas de exercício registaram, em termos metabólicos (MET), valores elevados (superiores a 6 MET) ou moderados (3 – 6 MET), no EA e do TFM, respetivamente, ao nível da intensidade. Consequentemente, em termos médios, a sessão de treino registou um impacto metabólico de intensidade moderada.

A utilização na mesma sessão do exercício aeróbio e de força vai aumentar o impacto metabólico do treino de força (Pinto, 2007), e em simultâneo da sessão em si, pelo que a implementação do treino concorrente nas aulas de educação física, com o intuito de aumentar a intensidade das aulas e do dispêndio energético associado, parece ser uma opção exequível e aceitável face ao aumento dos comportamentos sedentários dos jovens e ao aumento dos níveis de obesidade.

2. Recomendações

Da aplicação do protocolo concorrente foi possível observar que, apesar de se ter atingido uma quantidade e intensidade moderada de atividade física, os valores obtidos ficaram muito perto dos valores mínimos para cada uma das variáveis. Nesse sentido, uma das recomendações seria aumentar a intensidade do EA, e/ou diminuir a pausa entre os exercícios de TFM, de forma a atingir valores mais medianos dentro dos parâmetros definidos para os valores moderados.

Este estudo foi realizado com jovens raparigas adolescentes, pelo que seria também interessante observar e comparar as respostas fisiológicas e metabólicas deste tipo de protocolo, em jovens do género masculino. O mesmo poderia ser feito com jovens com excesso de peso ou obesos, de forma a observar a sua resposta em termos energéticos a um treino de características mista, e assim observar a importância de um protocolo concorrente na prevenção e combate à obesidade em jovens.

Uma outra sugestão, à semelhança do que fez Drummond e col. (2005), seria a alteração na ordem de aplicação dos exercícios, ou seja, iniciar o circuito com os exercícios de TFM e depois realizar o EA, de forma a observar qual o impacto do TFM na realização do EA, em termos energéticos e fisiológicos.

Uma vez que não foi possível realizar neste estudo, recomendamos um registo mais prolongado do EPOC, de forma a saber qual o real impacto, em termos

energéticos, de uma sessão de natureza mista. Como foi referido na recomendação anterior, seria também interessante observar quais as respostas metabólicas, durante o período pós exercício, em dois circuitos cuja ordem de aplicação do EA e dos exercícios de TFM fosse alterado.

Uma última recomendação seria, em seguimento do que já foi mencionado anteriormente, a aplicação de outros protocolos que incluíssem o EA e o TFM, que pensamos serem menos monótonos para os jovens, e mais abrangentes em termos de solicitações e benefícios para a saúde, avaliando o impacto energético das diferentes aplicações do treino concorrente, ao nível da ordem de aplicação, intensidade, intervalos, e exercícios escolhidos, nos jovens.

Referências Bibliográficas

American College of Sports Medicine (1998). "The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults – Position Stand." Med Sci Sports Exerc **30**(6): 975-91.

American College of Sports Medicine (2009). Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 8th edition, Lippincott, Williams & Wilkins

American College of Sports Medicine (2009). "Progression models in resistance training for healthy adults – Position Stand." Med Sci Sports Exerc **34**(2): 687-708.

Antônio, J. e Gonyea, W. J. (1993). "Skeletal muscle fiber hyperplasia." Med Sci Sports Exerc **25**(12):1333-1345.

Ainsworth, B. E., Haskell, W. L., Leon, A. S., Jacobs, D. R., Jr., Montoye, H. J., Sallis, J. F., Paffenbarger, R. S., Jr. (1993). "Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities." Med Sci Sports Exerc **25**(1): 71-80.

Alexander, J. L. (2002). "The Role of Resistance Exercise in Weight Loss." Nat Strength Cond Assoc **24**(1): 65-69.

Balabinis, C. P., Psarakis, C. H., Moukas, M., Vassiliou, M. P., Behrakis, P. K. (2003). "Early phase changes by concurrent endurance and strength training." J Strength Cond Res **17**(2): 393-401.

Ballor, D. L., Becque, M. D., Katch, V. L. (1987). "Metabolic responses during hydraulic resistance exercise." Med Sci Sports Exerc **19**(4): 363-7.

Barata, T. (Eds.) (1997). Atividade Física e Medicina Moderna. Europress.

Bell, G. J., Syrotuik, D., Martin, T. P., Burnham, R., Quinney, H. A. (2000). "Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans." Eur J Appl Physiol **81**(5): 418-27.

Bernhardt, D. T., Gomez, J., Johnson, M. D., Martin, T. J., Rowland, T. W., Small, E., LeBlanc, C., Malina, R., Krein, C., Young, J. C., Reed, F. E., Anderson, S. J., Anderson, S. J., Griesemer, B. A., Bar-Or, O. (2001). "Strength training by children and adolescents." Pediatrics **107**(6): 1470-2.

Binzen, C. A.; Swan, P. D.; Manore, M. M. (2001). "Postexercise oxygen consumption and substrate use after resistance exercise in women." Med Sci Sports Exerc **33**(6): 932-8.

Bishop, D., Jenkins, D. G., Mackinnon, L. T., McEniery, M., Carey, M. F. (1999). "The effects of strength training on endurance performance and muscle characteristics." Med Sci Sports Exerc **31**(6): 886-91.

Blair, S. N. e S. Brodney (1999). "Effects of physical inactivity and obesity on morbidity and mortality: current evidence and research issues." Med Sci Sports Exerc **31**(11 Suppl): S646-62.

Blimkie, C. J. R., Ramsay, J., Sale, D. G., MsDougall, J. D., Smith, K., Garner, S. (1989). "Effects of 10 weeks of resistance training on strength development in prepubertal boys." In: Children and Exercise XIII, S. Oseid and K. Carlsen (Eds.). Champaign, IL: Human Kinetics: 183-197.

Bloomer, R. J. (2005). "Energy cost of moderate-duration resistance and aerobic exercise." J Strength Cond Res **19**(4): 878-82.

Bompa, T. O. (1999). "Theory and Methodology of Training" – 2th Edition. Champaign: Human Kinetics.

Borsheim, E. e R. Bahr (2003). "Effect of exercise intensity, duration and mode on post-exercise oxygen consumption." Sports Med **33**(14): 1037-60.

Burleson, M. A., Jr., O'Bryant, H. S., Stone, M. H., Collins, M. A., Triplett-McBride, T. (1998). "Effect of weight training exercise and treadmill exercise on post-exercise oxygen consumption." Med Sci Sports Exerc **30**(4): 518-522.

Colditz, G. A. (1999). "Economic costs of obesity and inactivity." Med Sci Sports Exerc **31**(11 Suppl): S663-7.

Conley, M. S. e R. Rozenek (2001). "National Strength and Conditioning Association Position Statement. Health Aspects of Resistance Exercise and Training." Nat Strength Cond Assoc **23**(6): 9-23.

Conroy, B. P., Kraemer, W. j., Maresh, C. M. (1993). "Bone mineral density in elite junior weight lifters". Med Sci Sports Exerc **25**:1103-1109.

Deschenes, M. R., Kraemer, W. J., Maresh, C. M., Crivello, J. F. (1991). "Exercise-induced hormonal changes and their effects upon skeletal muscle tissue". Sports Med **12**:80-93, 1991.

Drummond, M. J., Vehrs, P. R., Schaalje, G. B., Parcell, A. C. (2005). "Aerobic and resistance exercise sequence affects excess postexercise oxygen consumption." J Strength Cond Res **19**(2): 332-7.

Elliot, D. L., Goldberg, L., Kuehl, K. S. (1992). "Effect of Resistance Training on Excess Post-exercise Oxygen Consumption." Journal of Applied Sport Science Research **6**(2).

Faigenbaum, A. D., Milliken, L. A., Loud, R. L., Burak, B. T., Doherty, C. L., Westcott, W. L. (2002). "Comparison of 1 and 2 days per week of strength training in children." Res Q Exerc Sport **73**(4): 416-24.

Faigenbaum, A. D., Loud, R. L., O'Connell, J., Glover, S., O'Connell, J., Westcott, W. L. (2001). "Effects of different resistance training protocols on upper-body strength and endurance development in children." J Strength Cond Res **15**(4): 459-65.

Faigenbaum, A. D., Kraemer, W. J., Blimkie, C. J., Jeffreys, I., Micheli, L. J., Nitka, M., Rowland, T. W. (2009). "Youth resistance training: updated position statement paper from the national strength and conditioning association." J Strength Cond Res **23**(5 Suppl): S60-79.

Faigenbaum, A. D., W. L. Westcott, e col. (1996). "The effects of strength training and detraining on children." Journal of Strength and Conditioning Research **10**(2): 109-114.

Falk, B. e G. Tenenbaum (1996). "The effectiveness of resistance training in children. A meta-analysis." Sports Med **22**(3): 176-86.

Ferketich, A. K., Kirby, T. E., Alway, S. E. (1998). "Cardiovascular and muscular adaptations to combined endurance and strength training in elderly women." Acta Physiol Scand **164**(3): 259-67.

Fleck, S. J. (1988). "Cardiovascular adaptations to resistance training". Med Sci Sports Exerc **20**:S146-S151, 1988.

Gaesser, G. A. e G. A. Brooks (1984). "Metabolic bases of excess post-exercise oxygen consumption: a review." Med Sci Sports Exerc **16**(1): 29-43.

Gillette, C. A., Bullough, R. C., Melby, C. L. (1994). "Postexercise energy expenditure in response to acute aerobic or resistive exercise." Int J Sport Nutr **4**(4): 347-60.

Goldberg, L., Elliot, D. L., Kuehl, S. K. (1994). "A Comparison of the Cardiovascular Effects of Running and Weight Training." J Strength Cond Res **8**(4): 219-224.

Gotshalk, L. A., Berger, R. A., Kraemer, W. J. (2004). "Cardiovascular Responses to a High-Volume Continuous Circuit Resistance Training Protocol." J Strength Cond Res **18**(4): 760-764.

Guy, J. A. e Micheli, L. J. (2001). "Strength training for children and adolescents." J Am Acad Orthop Surg **9**(1): 29-36.

Harrell, J. S., McMurray, R. G., Baggett, C. D., Pennell, M. L., Pearce, P. F., Bangdiwala, S. I. (2005). "Energy costs of physical activities in children and adolescents." Med Sci Sports Exerc **37**(2): 329-36.

Hass, C. J., Feigenbaum, M. S., Franklin, B. A. (2001). "Prescription of resistance training for healthy populations." Sports Med **31**(14): 953-64.

Hempel, L. S. e C. L. Wells (1985). "Cardiorespiratory cost of the Nautilus Express circuit." Phys Sports Med **13**: 82-97.

Hunter, G. R., Wetzstein, C. J., Fields, D. A., Brown, A., Bamman, M. M. (2000). "Resistance training increases total energy expenditure and free-living physical activity in older adults." J Appl Physiol **89**(3): 977-84.

Jamurtas, A. Z., Koutedakis, Y., Paschalis, V., Tofas, T., Yfanti, C., Tsiokanos, A., Koukoulis, G., Kouretas, D., Loupos, D. (2004). "The effects of a single bout of exercise on resting energy expenditure and respiratory exchange ratio." Eur J Appl Physiol **92**(4-5): 393-8.

Kokkinos, P. F. e Hurley, B. F. (1990). "Strength training and lipoprotein-lipid profiles: A critical analysis and recommendations for further study." Sports Medicine **9**: 266-272.

Kraemer, W. J. (1988). "Endocrine responses to resistance exercise". Med Sci Sports Exerc **20** (Suppl):S152-S157.

Kraemer, W. J., Ratamess, N. A., French, D. N. (2002). "Resistance training for health and performance." Curr Sports Med Rep **1** (3): 165-171

Lemmer, J. T., Ivey, F. M., Ryan, A. S., Martel, G. F., Hurlbut, D. E., Metter, J. E., Fozard, J. L., Fleg, J. L., Hurley, B. F. (2001). "Effect of strength training on resting metabolic rate and physical activity: age and gender comparisons." Med Sci Sports Exerc **33**(4): 532-41.

Leveritt, M., Abernethy, P. J., Barry, B. K., Logan, P. A. (1999). "Concurrent strength and endurance training. A review." Sports Med **28**(6): 413-27.

Mahon, A. D. e P. Vaccaro (1989). "Ventilatory threshold and VO₂max changes in children following endurance training." Med Sci Sports Exerc **21**(4): 425-31.

Matos, M. G., Carvalhosa, S. F., Diniz, J. A. (2002). "Factores associados à prática da atividade física nos adolescentes portugueses". Análise Psicológica **1** (xx): 57-66.

Mazzeo, R. S. e H. Tanaka (2001). "Exercise prescription for the elderly: current recommendations." Sports Med **31**(11): 809-18.

McArdle, W. D. e G. F. Foglia (1969). "Energy cost and cardiorespiratory stress of isometric and weight training exercise." J Sports Med Phys Fitness **9**(1): 23-30.

McArdle, W., Katch, F. I., Katch, V. L. (1992). Fisiologia do exercício – Energia nutrição e desempenho humano. (3ª ed. Trad.). Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan.

McCarthy, J. P., Agre, J. C., Graf, B. K., Pozniak, M. A., Vailas, A. C. (1995). "Compatibility of adaptive responses with combining strength and endurance training." Med Sci Sports Exerc **27**(3): 429-36.

Melanson, E. L., Sharp, T. A., Seagle, H. M., Donahoo, W. T., Grunwald, G. K., Peters, J. C., Hamilton, J. T., Hill, J. O. (2002). "Resistance and aerobic exercise have similar effects on 24-h nutrient oxidation." Med Sci Sports Exerc **34**(11): 1793-800.

Melby, C., Scholl, C., Edwards, G., Bullough, R. (1993). "Effect of acute resistance exercise on postexercise energy expenditure and resting metabolic rate." J Appl Physiol **75**(4): 1847-1853.

Moritani, T., e deVries, H. A. (1979). "Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain." Am J Phys Med **58**: 115-130.

Mota, J., Ribeiro, J., Santos, M. P., Gomes, H. (2006). "Obesity, Physical Activity, Computer use, and TV Viewing in Portuguese Adolescents." Pediatric Exercise Science **17**: 113-121.

Murphy, E. e R. Schwarzkopf (1992). "Effects of Standard Set and Circuit Weight Training on Excess Post-exercise Oxygen Consumption." Journal of Applied Sport Science Research **6**(2): 88-91.

Nelson, A. G., Arnall, D. A., Loy, S. F., Silvester, L. J., Conlee, R. K. (1990). "Consequences of combining strength and endurance training regimens." Phys Ther **70**(5): 287-94.

Nowak, A., Szczesniak, L. P., Wieczorek, A., Kaczmarek, D., Stemplewski, R. (2006). "Changes in blood lipids and lipoproteins following a strength training intervention." Studies in physical culture and tourism **13** (Suppl):153-155.

Obert, P., Mandigouts, S., Nottin, S., Vinet, A., N'Guyen, L. D., Lecoq, A. M. (2003). "Cardiovascular responses to endurance training in children: effect of gender." Eur J Clin Invest **33**(3): 199-208.

Ondrak, K. S., e Morgan, D. W. (2006). "Factors Influencing Bone Mineral Density and Content in Young Girls" Pediatric Exercise Science **17**: 101-112.

Ozmun, J. C., Mikesky, A. E., Surburg, P. R. (1994). "Neuromuscular adaptations following prepubescent strength training." Med Sci Sports Exerc **26**(4): 510-4.

Phillips, W. T. e J. R. Ziuraitis (2003). "Energy cost of the ACSM single-set resistance training protocol." J Strength Cond Res **17**(2): 350-5.

Phillips, W. T. e J. R. Ziuraitis (2004). "Energy cost of single-set resistance training in older adults." J Strength Cond Res **18**(3): 606-9.

Pichon, C. E., Hunter, G. R., Morris, M., Bond, L. R., Metz, J. (1996). "Blood Pressure and Heart Rate Response and Metabolic Cost of Circuit versus Traditional Weight Training." J Strength Cond Res **10**(3): 153-156.

Pinto, R. S. (2007). "Adaptações metabólicas, cardio-respiratórias, neuromusculares e na composição corporal de mulheres pré-menopáusicas e com excesso de peso em resposta ao treino físico sistemático". Tese Doutorado não publicada. Lisboa: Faculdade de Motricidade Humana.

Poehlman, E. T. (1989). "A review: exercise and its influence on resting energy metabolism in man." Med Sci Sports Exerc **21**(5): 515-25.

Poehlman, E. T. e C. Melby (1998). "Resistance training and energy balance." Int J Sport Nutr **8**(2): 143-59. - Abstract

Poehlman, E. T., Denino, W. F., Beckett, T., Kinaman, K. A., Dionne, I. J., Dvorak, R., Ades, P. A. (2002). "Effects of endurance and resistance training on total daily energy expenditure in young women: a controlled randomized trial." J Clin Endocrinol Metab **87**(3): 1004-9.

Poole, D. C. e G. A. Gaesser (1985). "Response of ventilatory and lactate thresholds to continuous and interval training." J Appl Physiol **58**(4): 1115-21.

Pratley, R., Nicklas, B., Rubin, M., Miller, J., Smith, A., Smith, M., Hurley, B., Goldberg, A. (1994). "Strength training increases resting metabolic rate and norepinephrine levels in healthy 50- to 65-yr-old men." J Appl Physiol **76**:133-137.

Ramsay, J. A., Blimkie, C. J., Smith, K., Garner, S., MacDougall, J. D., Sale, D. G. (1990). "Strength training effects in prepubescent boys." Med Sci Sports Exerc **22**(5): 605-14.

Rotstein, A., Dotan, R., Bar-Or, O., Tenenbaum, G. (1986). "Effect of training on anaerobic threshold, maximal aerobic power and anaerobic performance of preadolescent boys." Int J Sports Med **7**(5): 281-6.

Rowland, T. W. (1985). "Aerobic response to endurance training in prepubescent children: a critical analysis." Med Sci Sports Exerc **17**(5): 493-7.

Rowland, T. W. e A. Boyajian (1995). "Aerobic response to endurance exercise training in children." Pediatrics **96**(4 Pt 1): 654-8.

Sadres, E., Eliakim, A., Constantini, N., Lidor, R., Falk, B. (2001). "The effect of long-term resistance training on anthropometric measures, muscle strength, and self concept in pre-pubertal boys." Pediatric Exercise Science **13**: 357-372.

Sale, D. G., Jacobs, I., MacDougall, J. D., Garner, S. (1990). "Comparison of two regimens of concurrent strength and endurance training." Med Sci Sports Exerc **22**(3): 348-56.

Sale, D. G. (1990). "Testing Strength and Power – Physiological Testing of the high performance athlete." (Eds. MacDougall e col.) Champaign: HK Books, pp. 21-206.

Sallis, J. F. e K. Patrick (1994). "Physical Activity Guidelines for Adolescents: Consensus Statement." Human Kinetics Publishers, Inc.: 302-313.

Sedlock, D. A., Fissinger, J. A., Melby, C. L. (1989). "Effect of exercise intensity and duration on postexercise energy expenditure." Med Sci Sports Exerc **21**(6): 662-6.

Stone, M. H., Fleck, S. J., Triplett, N. T. e Kraemer, W. J. (1991). "Health and performance-related potential of resistance training". Sports Med **11**, 210-231.

Tanner, J. M. (1962). Growth and adolescence. Oxford: Blackwell Scientific Publications.

Teixeira e Seabra, A. F., Maia, J. A., Mendonca, D. M., Thomis, M., Caspersen, C. J., Fulton, J. E. (2008). "Age and sex differences in physical activity of Portuguese adolescents". Med Sci Sports Exerc **40**(1): 65-70.

Thornton, M. K. e J. A. Potteiger (2002). "Effects of resistance exercise bouts of different intensities but equal work on EPOC." Med Sci Sports Exerc **34**(4): 715-22.

Treuth, M. S., Hunter, G. R., Weinsier, R. L., Kell, S. H. (1995). "Energy expenditure and substrate utilization in older women after strength training: 24-h calorimeter results." J Appl Physiol **78**(6): 2140-6.

Treuth, M. S., Hunter, G. R., Pichon, C., Figueroa-Colon, R., Goran, M. I. (1998). "Fitness and energy expenditure after strength training in obese prepubertal girls." Med Sci Sports Exerc **30**(7): 1130-6.

U.S. Department of Health and Human Services (1996). Physical Activity and Health: A Report of the Surgeon General. Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services, Center for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion.

Vaccaro, P. e A. Mahon (1987). "Cardiorespiratory responses to endurance training in children." Sports Med **4**(5): 352-63.

Wilmore, J. H., Parr, R. B., Ward, P., Vodak, P. A., Barstow, T. J., Pipes, T. V., Grimditch, G., Leslie, P. (1978). "Energy cost of circuit weight training." Med Sci Sports **10**(2): 75-8.

Wilmore, J. H. e Costill, D. L. (1994). "Physiology of Sport and Exercise." Champaign: Human Kinetics Publishers

Yu, C. C., Sung, R. Y., So, R. C., Lui, K. C., Lau, W., Lam, P. K., Lau, E. M. (2005). "Effects of strength training on body composition and bone mineral content in children who are obese." J Strength Cond Res **19**(3): 667-72.

Zatsiorsky, V. M. (1995). Science and Practice of Strength Training. Champaign: Human Kinetics Publishers.